

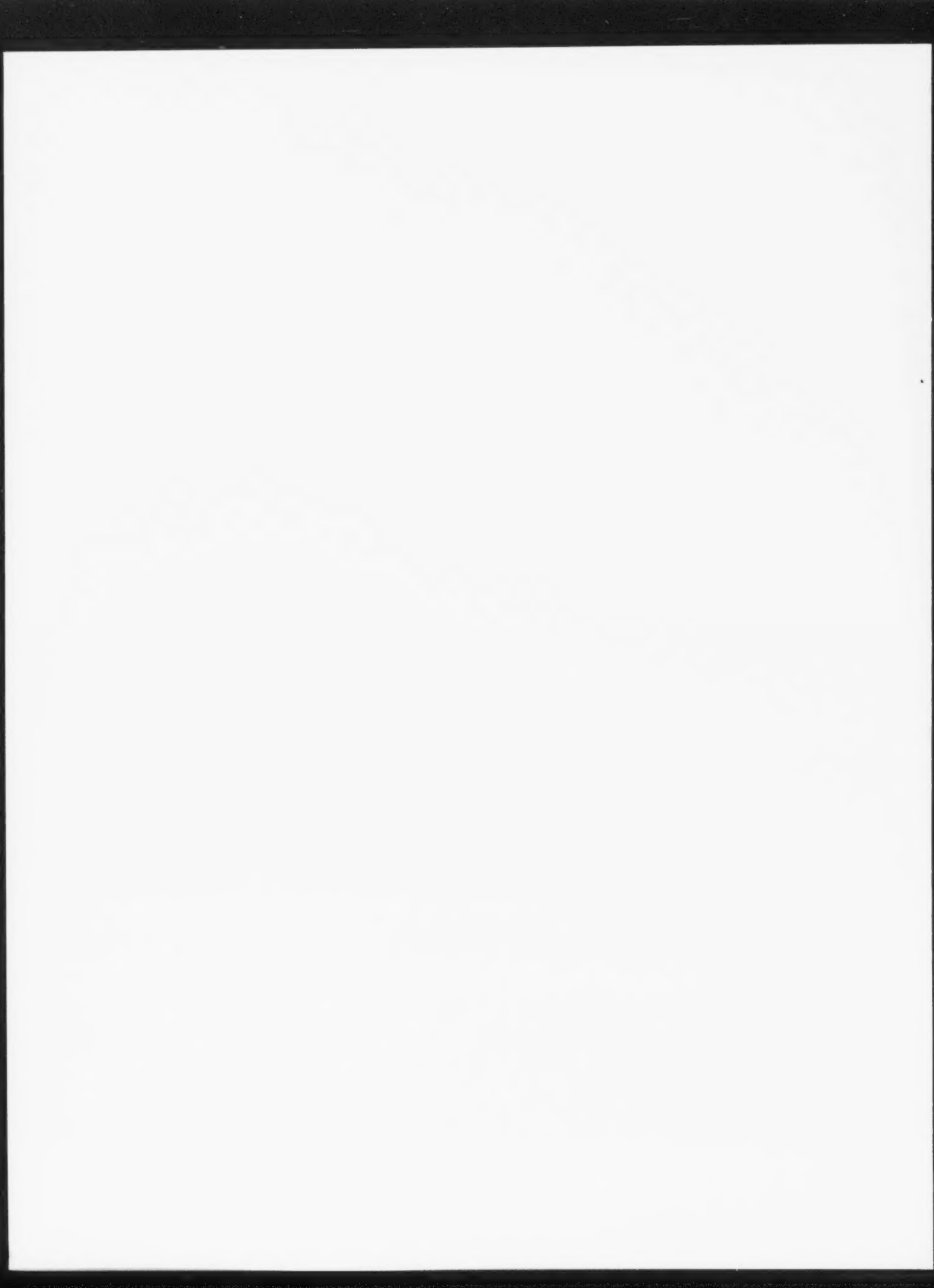
# **LA CULTURE DES LÉGUMES DE SERRE EN ONTARIO**

*Publication 836F*

Ministère de l'Agriculture, de  
l'Alimentation et des Affaires rurales



**Ontario**





# LA CULTURE DES LÉGUMES DE SERRE EN ONTARIO

*Publication 836F*

Ministère de l'Agriculture, de  
l'Alimentation et des Affaires rurales

 Ontario

## **Remerciements**

**Besoin d'information technique ou commerciale?**

**Communiquez avec le Centre d'information agricole :**

**1 877 424-1300 ou [ag.info.omafra@ontario.ca](mailto:ag.info.omafra@ontario.ca)**

**Vous cherchez sur Internet des recommandations sur les cultures de serre?**

**Visitez le site [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).**

**C'est un guichet unique pour obtenir des fiches techniques, des articles et des photos  
sur la production et la gestion des cultures de serre en Ontario.**

Pour obtenir un exemplaire de la présente publication ou de toute autre publication du MAAARO,

veuillez passer votre commande :

en ligne à [www.serviceontario.ca/publications](http://www.serviceontario.ca/publications);

par téléphone, en appelant l'InfoCentre ServiceOntario, du lundi au vendredi, de 8 h 30 à 17 h (HNE) :

416 326-5300,

416 326-3408 (ATS),

1 800 668-9938, sans frais en Ontario,

1 800 368-7095 (ATS), sans frais en Ontario;

en personne, aux Centres ServiceOntario de la province.

Grosse photo de la page couverture offerte par l'Ontario Greenhouse Vegetable Growers

Publié par le ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales

© Imprimeur de la Reine pour l'Ontario, 2010

Toronto, Canada

ISBN 978-1-4435-3925-8

10-10-0,5M



## Introduction

En Ontario, la culture des légumes en serre est un secteur de l'agriculture qui est très avancé sur le plan de la technologie et qui, pour dégager un rendement maximal, requiert une bonne compréhension des principes scientifiques sous-jacents aux activités culturelles, l'habileté à gérer l'environnement d'une serre par le recours à des ordinateurs, et un doigté dans la gestion de la main-d'œuvre.

Les producteurs ouverts aux nouvelles idées et aux innovations technologiques peuvent en tirer des avantages économiques tout en s'assurant que leurs méthodes de production sont durables sur le plan de l'environnement.

*La culture des légumes de serre en Ontario* se veut une ressource technique destinée aux producteurs de légumes de serre. Les recommandations contenues dans la présente publication reposent sur des essais effectués par les producteurs ainsi que sur des recherches appliquées menées par le personnel d'Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) et du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario (MAAARO) au Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles (CRCAI), ainsi que par le personnel du MAAARO et les chercheurs de l'Université de Guelph à la Station de recherche de Vineland. Voici les sources consultées dans la préparation de cette publication :

- le Comité ontarien des services en matière de gestion des sols

et le personnel :

- de la Direction du développement de l'agriculture, MAAARO,
- de l'Université de Guelph,
- d'AAC (Harrow).

Le MAAARO est à même d'offrir beaucoup plus d'information que ne peut en contenir cette publication. Les pages du site Web du MAAARO ([www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures)) sont une bonne source à consulter pour de l'information complète et à jour.

Prendre note que le présent ouvrage ne fournit pas de recommandations précises quant aux produits pesticides à employer pour combattre les insectes, les maladies et les mauvaises herbes. Ce type d'information est fourni dans la publication 835F du MAAARO, *Guide de protection des légumes de serre*, ainsi que dans la publication 75F, *Guide de lutte contre les mauvaises herbes*. Se reporter à la page précédente pour savoir comment commander ces guides ou d'autres publications du MAAARO. Les suppléments à ces publications seront affichés sur la page [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures) du site Web du MAAARO.

## Table des matières

<b>Introduction</b> .....	iii	<b>3. Milieu de croissance</b> .....	19
<b>1. Facteurs influençant la serriculture</b> .....	1	<b>Culture sur laine de roche</b> .....	19
<b>Phases végétative et de fructification</b> .....	1	Système ouvert .....	20
<b>Température</b> .....	2	Système fermé .....	20
Photosynthèse et respiration .....	2	Système de rigoles surélevées .....	21
Taux de croissance des feuilles, des fleurs et des racines .....	2	Régie de l'eau .....	22
Forme et développement .....	2	Calendrier de fertilisation .....	24
Humidité .....	3	Sterilisation des matelas .....	24
Gestion de la température .....	3	<b>Fibre de coco ou mélange fibre de coco-tourbe</b> .....	24
<b>Lumière</b> .....	5	<b>Système de culture sur film nutritif</b> .....	25
Interaction entre l'intensité lumineuse et la feuille ...	6	Bassin collecteur .....	25
Transmission de la lumière .....	7	Système de pompage .....	26
<b>Humidité relative (HR)</b> .....	7	Régulateurs de pH et de CÉ .....	26
Déficit de tension de vapeur .....	8	Commande de la température .....	26
<b>Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)</b> .....	10	Désinfection .....	27
Méthodes d'enrichissement en CO <sub>2</sub> .....	11	Aération .....	27
<b>Conservation de l'énergie</b> .....	11	Réseau d'alimentation et de retour de la solution nutritive .....	27
<b>Eau</b> .....	12	Rigoles .....	28
<b>Recyclage de la solution nutritive</b> .....	14	Phytotoxicité .....	29
<b>Désinfection de la solution nutritive</b> .....	14	<b>Culture sur sol</b> .....	29
Filtration lente sur sable .....	14	Type de sol .....	29
Système de filtration sur pierre de lave .....	14	Drainage .....	29
Traitement thermique .....	14	Lessivage du sol .....	29
Ozonation .....	15	Pasteurisation du sol .....	29
Traitement aux rayons UV .....	16	Matière organique .....	30
<b>2. Analyses</b> .....	17	Maitrise du pH .....	30
<b>Solutions nutritives et leur analyse</b> .....	17	Irrigation goutte-à-goutte .....	31
<b>Analyses tissulaires et foliaires</b> .....	17	<b>4. Production des plants</b> .....	33
<b>Analyses de sol</b> .....	17	<b>Semence</b> .....	33
		<b>Semis et germination</b> .....	34
		<b>Culture des plants</b> .....	35
		Quand arroser .....	36
		<b>Greffage</b> .....	37

<b>5. Tomate</b> .....	39	<b>Climat</b> .....	57
<b>Cultivars</b> .....	39	<b>Récolte et entreposage</b> .....	58
<b>Calendrier de culture</b> .....	40		
<b>Semis</b> .....	40	<b>7. Poivron</b> .....	61
<b>Production des plants</b> .....	41	<b>Cultivars</b> .....	61
<b>Espacement des plants</b> .....	42	<b>Calendrier de culture</b> .....	61
<b>Taille et palissage</b> .....	42	<b>Semis</b> .....	61
Taille des grappes .....	43	<b>Production des plants</b> .....	61
<b>Pollinisation</b> .....	43	<b>Espacement des plants</b> .....	62
Bourdons .....	44	<b>Substrat</b> .....	62
<b>Climat</b> .....	45	<b>Taille et palissage</b> .....	64
<b>Besoins nutritifs</b> .....	47	<b>Climat</b> .....	64
Azote (N) .....	48	<b>Fructification</b> .....	65
Potassium (K) .....	48	<b>Récolte et entreposage</b> .....	65
Phosphore (P) .....	48		
Magnésium (Mg) .....	48	<b>8. Laitue</b> .....	67
Calcium (Ca) .....	49	<b>Cultivars</b> .....	67
Soufre (S) .....	50	<b>Semis</b> .....	67
Fer (Fe) .....	50	<b>Production des plants</b> .....	68
Manganèse (Mn) .....	50	<b>Espacement des plants</b> .....	68
Cuivre (Cu).....	50	<b>Production de la culture</b> .....	68
Bore (B) .....	50	<b>Climat</b> .....	69
Zinc (Zn) .....	50	<b>Récolte et entreposage</b> .....	70
Molybdène (Mo) .....	50		
<b>Récolte et entreposage</b> .....	50	<b>9. Aubergine</b> .....	73
		<b>Cultivars</b> .....	73
<b>6. Concombre</b> .....	53	<b>Calendrier de culture</b> .....	73
<b>Cultivars</b> .....	53	<b>Semis</b> .....	73
<b>Calendrier de culture</b> .....	53	<b>Production des plants</b> .....	73
<b>Semis</b> .....	54	<b>Espacement des plants</b> .....	74
<b>Production des plants</b> .....	54	<b>Substrat</b> .....	74
<b>Espacement des plants</b> .....	54	<b>Taille et palissage</b> .....	74
<b>Substrat</b> .....	55	<b>Climat</b> .....	74
<b>Conduite de la culture</b> .....	55	<b>Fructification</b> .....	74
Système 1.....	55	<b>Récolte et entreposage</b> .....	74
Système 2 .....	55		
<b>Éclaircissage</b> .....	56		

## 10. Lutte intégrée contre les maladies ..... 77

Le concept du « triangle » de la maladie ..... 77

Les six principes de la lutte contre les maladies ..... 77

Exclusion ..... 77

Précautions..... 77

Résistance ..... 77

Protection ou prévention..... 78

Éradication..... 78

Traitements curatifs ..... 78

Stratégies fondamentales de la lutte intégrée contre les maladies..... 78

Réglage des paramètres de milieu..... 78

Modification des pratiques culturales..... 78

Hygiène et élimination des plants malades ..... 79

Nettoyage et désinfection..... 80

Matériel exempt d'organismes pathogènes ..... 80

Lutte contre les vecteurs ..... 80

Cultivars résistants ..... 81

Lutte chimique ..... 81

Lutte biologique ..... 81

Conditions de la réussite ..... 82

## 11. Maladies ..... 83

**Tomate** ..... 83

Maladies de la tomate causées par des champignons ..... 83

Maladies de la tomate causées par des bactéries..... 86

Maladies de la tomate causées par des virus..... 87

Affections physiologiques de la tomate ..... 89

**Concombre** ..... 91

Maladies du concombre causées par des champignons ..... 91

Maladies du concombre causées par des bactéries.... 94

Maladies du concombre causées par des virus ..... 94

Affections physiologiques du concombre ..... 95

**Poivron** ..... 95

Maladies du poivron causées par des champignons .. 95

Maladies du poivron causées par des bactéries ..... 96

Maladies du poivron causées par des virus ..... 96

Affections physiologiques du poivron..... 97

**Laitue** ..... 98

Maladies de la laitue causées par des champignons .. 98

Affections physiologiques de la laitue..... 98

**Aubergine** ..... 98

Maladies de l'aubergine causées par des champignons ..... 98

Affections physiologiques de l'aubergine ..... 99

## 12. Lutte intégrée contre les ennemis des cultures..... 101

**Dépistage**..... 101

Pièges encollés ..... 101

Inspection visuelle..... 101

**Lutte culturale** ..... 102

Hygiène ..... 102

Réglage des paramètres du milieu..... 102

**Lutte physique** ..... 102

Pose de moustiquaires..... 102

Rubans jaunes encollés ..... 103

Pièges lumineux ..... 103

**Lutte biologique** ..... 104

**Lutte chimique** ..... 108

Résistance ..... 108

Application de pesticides..... 109

Compatibilité des pesticides ..... 109

## 13. Ravageurs ..... 111

**Thrips** ..... 111

Description et cycle biologique ..... 111

Dommages ..... 111

Stratégies de lutte ..... 111

**Aleurodes** ..... 113

Description et cycle biologique ..... 113

Espèces d'aleurodes..... 113

Dommages ..... 113

Stratégies de lutte ..... 113

<b>Tétranyque à deux points .....</b>	<b>116</b>	<b>Psylle de la pomme de terre .....</b>	<b>127</b>
Description et cycle biologique .....	116	Description et cycle biologique .....	127
Dommages .....	116	Dommages .....	127
Stratégies de lutte .....	116	Stratégies de lutte .....	127
<b>Agent de l'acariose bronzée de la tomate .....</b>	<b>118</b>	<b>Mineuses .....</b>	<b>128</b>
Description et cycle biologique .....	118	Description et cycle biologique .....	128
Dommages .....	118	Dommages .....	128
Stratégies de lutte .....	118	Stratégies de lutte .....	128
<b>Tarsonème du fraisier et tarsonème trapu .....</b>	<b>119</b>	<b>Ravageurs sporadiques des cultures</b>	
Description et cycle biologique .....	119	<b>de serre .....</b>	<b>129</b>
Dommages .....	119	Chenilles .....	129
Stratégies de lutte .....	120	Chrysomèle rayée du concombre .....	129
<b>Pucerons .....</b>	<b>120</b>	Cloportes .....	130
Description et cycle biologique .....	120	Collemboles .....	130
Dommages .....	120	Escargots et limaces .....	130
Stratégies de lutte .....	120	Fourmis .....	131
<b>Fausse-arpenreuse du chou .....</b>	<b>121</b>	Nématodes parasites du système racinaire .....	131
Description et cycle biologique .....	121	Ravageurs vertébrés .....	132
Dommages .....	122	Sauterelles .....	133
Stratégies de lutte .....	122	Symphyles .....	133
<b>Punaise terne .....</b>	<b>122</b>	<b>Lutte contre les mauvaises herbes .....</b>	<b>133</b>
Description et cycle biologique .....	122	Herbicides .....	133
Dommages .....	123		
Stratégies de lutte .....	123	<b>14. Annexes .....</b>	<b>135</b>
<b>Pyrale du maïs .....</b>	<b>123</b>	<b>Annexe A. Personnel du MAAARO spécialisé</b>	
Description et cycle biologique .....	123	<b>dans la culture des légumes de serre .....</b>	<b>135</b>
Dommages .....	123	<b>Annexe B. Services de diagnostic .....</b>	<b>136</b>
Stratégies de lutte .....	124	<b>Annexe C. Autres ressources .....</b>	<b>138</b>
<b>Mouches des terreaux et mouches</b>		<b>Annexe D. Laboratoires d'analyse de sol en</b>	
<b>des rivages .....</b>	<b>124</b>	<b>Ontario .....</b>	<b>140</b>
Description et cycle biologique .....	124	<b>Annexe E. Coordonnées des bureaux</b>	
Dommages .....	124	<b>régionaux du ministère de</b>	
Stratégies de lutte .....	125	<b>l'Environnement de l'Ontario .....</b>	<b>141</b>
<b>Mineuse de la tomate .....</b>	<b>126</b>	<b>Annexe F. Système international</b>	
Description et cycle biologique .....	126	<b>d'unités (SI) .....</b>	<b>142</b>
Dommages .....	126		
Stratégies de lutte .....	126		



## Liste des tableaux

TABLEAU 1-1. Table de conversion pour la lumière ...	6
TABLEAU 1-2. Teneur en eau de l'air à 18 °C sous différents taux d'HR .....	8
TABLEAU 1-3. Effet de la température sur l'air saturé d'eau .....	8
TABLEAU 1-4. Influences exercées sur la tension de vapeur .....	8
TABLEAU 1-5. DTV en fonction de la température et de l'HR (en mb) .....	10
TABLEAU 1-6. Classement de la qualité de l'eau .....	13
TABLEAU 2-1. Guide des concentrations d'éléments nutritifs dans les tissus foliaires .....	18
TABLEAU 2-2. Directives d'analyse des substrats utilisés dans les serres par la méthode des extraits boueux .....	18
TABLEAU 3-1. Rapport temps-température nécessaire pour détruire les organismes nuisibles .....	30
TABLEAU 4-1. Catégories de semences selon la vitesse de germination .....	33
TABLEAU 4-2. Quantités de semences à prévoir .....	34
TABLEAU 4-3. Températures de germination .....	34
TABLEAU 4-4. Temps de germination approximatif ...	35
TABLEAU 5-1. Calendrier de culture de la tomate .....	40
TABLEAU 5-2. Températures de l'air recommandées (en °C) pour les tomates .....	45
TABLEAU 5-3. TOMATE : Résumé des recommandations culturales .....	46
TABLEAU 5-4. Calendrier de fertigation des tomates (ppm d'éléments nutritifs) .....	48
TABLEAU 5-5. Ingrédients (en poids) des solutions-mères (dilution de 1:100 nécessaire à l'obtention des solutions finales) .....	49
TABLEAU 6-1. Charge fruitière des jeunes plants de concombre .....	57
TABLEAU 6-2. Régime de températures pour la culture du concombre .....	58
TABLEAU 6-3. CONCOMBRE : Résumé des recommandations culturales .....	59
TABLEAU 6-4. Tableau de fertigation des concombres (ppm d'éléments nutritifs) .....	59
TABLEAU 6-5. Ingrédients (en poids) des solutions-mères (dilution de 1:100 nécessaire à l'obtention des solutions finales) .....	60
TABLEAU 7-1. Tableau de fertigation des poivrons (ppm d'éléments nutritifs) .....	62

TABLEAU 7-2. Ingrédients (en poids) des solutions-mères (dilution de 1:100 nécessaire à l'obtention des solutions finales) .....	63
TABLEAU 7-3. POIVRON : Résumé des recommandations culturales .....	66
TABLEAU 8-1. Tableau de fertigation de la laitue cultivée sur film nutritif (ppm d'éléments nutritifs) .....	70
TABLEAU 8-2. Ingrédients (en poids) des solutions-mères (dilution de 1:100 nécessaire à l'obtention des solutions finales) .....	71
TABLEAU 9-1. Calendrier de culture de l'aubergine comme culture de saison longue .....	73
TABLEAU 9-2. AUBERGINE : Résumé des recommandations culturales .....	75
TABLEAU 12-1. Agents de lutte biologique contre les principaux ennemis des cultures abritées .....	105
TABLEAU 12-2. Effets signalés des insecticides et des acaricides sur les agents de lutte biologique ...	106
TABLEAU 12-3. Effets signalés des fongicides homologués sur les agents de lutte biologique .....	107

## Liste des figures

FIGURE 1-1. Profil de température pour les cultures en serre — temps ensoleillé .....	3
FIGURE 1-2. Profil de température pour les cultures en serre — temps nuageux .....	3
FIGURE 1-3. Moyenne des heures d'ensoleillement sur 75 ans .....	5
FIGURE 1-4. Moyenne hebdomadaire du rayonnement global .....	5
FIGURE 1-5. Moyenne du rayonnement global sur 10 ans .....	6
FIGURE 1-6. Transmission de la lumière par le verre et le polyéthylène double épaisseur .....	6
FIGURE 1-7. Quantités d'eau nécessaires aux légumes de serre .....	12
FIGURE 1-8. Schéma d'un système de recyclage de la solution nutritive .....	15
FIGURE 3-1. Schéma d'un système ouvert de culture sur laine de roche .....	20
FIGURE 3-2. Schéma d'un système fermé de culture sur laine de roche .....	20
FIGURE 3-3. Fentes de drainage dans les matelas de laine de roche servant à la culture de la tomate .....	22
FIGURE 3-4. Mesure du taux de percolation .....	23

FIGURE 3-5. Schéma d'un système de culture sur film nutritif .....	25
FIGURE 3-6. Schéma du réseau d'alimentation et de retour de la solution nutritive.....	28
FIGURE 4-1. Schéma illustrant la méthode de greffage en tête à la japonaise.....	37
FIGURE 6-1. Système 1 de taille des concombres ....	55
FIGURE 6-2. Système 2 de taille des concombres ...	56
FIGURE 8-1. Prévion de rendement de la laitue pour le sud-ouest de l'Ontario .....	67
FIGURE 8-2. Système de culture sur film nutritif de la laitue .....	68
FIGURE 8-3. Système de culture en bassin .....	69

## Planches couleur

Planche 1. Plant de tomate équilibré.....	145	Planche 21. Greffon inséré dans la pince.....	148
Planche 2. Plant de tomate présentant une croissance végétative trop marquée. ....	145	Planche 22. Greffage terminé une fois le greffon étêté au-dessus des cotylédons.....	148
Planche 3. Passage de tuyaux au niveau des fruits à maturité.....	145	Planche 23. Plant avec deux tiges obtenu par greffage et prêt à être repiqué.....	148
Planche 4. Gouttière haute et profil du faite d'une serre moderne.....	145	Planche 24. Développement des fleurs — pédoncule légèrement trop long.....	148
Planche 5. Gouttière basse et toit arrondi d'une serre de vieille génération. ....	145	Planche 25. Grappe fendue à cause de faibles températures nocturnes au début de la formation du bouton. ....	149
Planche 6. Réservoir de solution nutritive hors-terre.....	145	Planche 26. Grappe trop longue causant la déformation du pédoncule. ....	149
Planche 7. Réservoir de solution nutritive sous-terre. ....	146	Planche 27. Grappe supportée pour empêcher la déformation du pédoncule.....	149
Planche 8. Système de filtration sur pierre de lave....	146	Planche 28. Bourdon visitant une fleur de tomate....	149
Planche 9. Système de traitement thermique. ....	146	Planche 29. Traces laissées par un bourdon sur une fleur de tomate, signe d'une bonne pollinisation. ....	149
Planche 10. Système d'ozonation.....	146	Planche 30. Fleur de tomate endommagée par un nombre excessif de visites par les bourdons....	149
Planche 11. Traitement aux rayons UV. ....	146	Planche 31. Plant de concombre prêt à être transplanté. ....	150
Planche 12. Installation de base d'un système de culture sur laine de roche. ....	146	Planche 32. Première ramification et première fleur (fleur centrale) d'un jeune plant de poivron....	150
Planche 13. Système de rigoles surélevées. ....	147	Planche 33. Insolation. ....	150
Planche 14. Matelas de laine de roche prêts pour la stérilisation à la vapeur. ....	147	Planche 34. Symptômes d'insolation à la surface de poivrons surexposés au soleil à cause d'un feuillage insuffisant. ....	150
Planche 15. Stérilisation à la vapeur des matelas de laine de roche. ....	147	Planche 35. Pied d'éléphant consécutif aux dommages causés par l'accumulation de sels à la base du plant.....	150
Planche 16. Installation pour la germination de semences. ....	147	Planche 36. Aubergine à tiges multiples destinées à maintenir l'équilibre du plant et à en maîtriser la hauteur. ....	150
Planche 17. Production des plants.....	147	Planche 37. Fleur d'aubergine forte favorisant une fructification rapide. ....	151
Planche 18. Porte-greffe prêt pour le greffage. ....	147	Planche 38. Condensation consécutive à une forte humidité dans la serre et propice au chancre gommeux, à la pourriture grise et à la pourriture glauque. ....	151
Planche 19. Porte-greffe coupé sous les cotylédons. ....	148	Planche 39. Fonte des semis. ....	151
Planche 20. Pince glissée sur le porte-greffe.....	148	Planche 40. Fusariose des racines et du collet. ....	151
		Planche 41. Pourriture grise. ....	151
		Planche 42. Taches fantômes. ....	151
		Planche 43. Oidium (blanc) sur une feuille de tomate.....	152
		Planche 44. Plantules de tomate atteintes par l'oidium (blanc).....	152
		Planche 45. Lésions s'apparentant à du papier sur des plants de tomate atteints de mildiou. ....	152



Planche 46. Taches « de graisse » sombres attribuables au mildiou sur une tomate. ....	152	Planche 76. Symptômes du virus de la pseudo-jauunisse de la betterave. ....	157
Planche 47. Chancre bactérien — un seul côté flétri.....	152	Planche 77. Perte du point végétatif attribuable à une carence en calcium occasionnée par un trop faible apport de calcium et une croissance rapide des jeunes pousses de concombre.....	157
Planche 48. Chancre bactérien — marbrure du fruit. ....	152	Planche 78. Jeune feuille de concombre souffrant d'une carence en fer attribuable à une croissance rapide et à une forte charge fruitière. ....	157
Planche 49. Pourriture bactérienne de la tige.....	153	Planche 79. Carence en fer. ....	158
Planche 50. Symptômes foliaires du virus de la mosaïque du pépinot chez les tomates.....	153	Planche 80. Pourriture causée par <i>Botrytis</i> . ....	158
Planche 51. Symptômes foliaires du virus de la mosaïque du pépinot chez les tomates.....	153	Planche 81. Poivron atteint de pourriture grise.....	158
Planche 52. Symptômes foliaires du virus de la mosaïque du pépinot chez les tomates.....	153	Planche 82. Symptômes sur la tige de la pourriture fusarienne de la tige et du fruit.....	158
Planche 53. Symptômes foliaires du virus de la maladie bronzée de la tomate chez les tomates.....	153	Planche 83. Symptômes sur le fruit de la pourriture fusarienne de la tige et du fruit.....	158
Planche 54. Nécrose apicale.....	153	Planche 84. Oïdium (blanc).....	158
Planche 55. Maturation inégale due à une carence en potassium. ....	154	Planche 85. Pourriture molle d'origine bactérienne chez le poivron.....	159
Planche 56. Fruit oblong chez la tomate.....	154	Planche 86. Pourriture interne des fruits chez le poivron.....	159
Planche 57. Carence en magnésium.....	154	Planche 87. Virus de la marbrure bénigne du piment. ....	159
Planche 58. Stress climatique nuisant au déplacement du calcium et du potassium vers le pourtour des feuilles.....	154	Planche 88. Symptômes foliaires du virus de la maladie bronzée de la tomate chez le poivron.....	159
Planche 59. Carence en fer.....	154	Planche 89. Nécrose apicale.....	159
Planche 60. Carence en fer attribuable à un milieu racinaire déficient dû à un arrosage trop abondant. ....	154	Planche 90. Fendillement attribuable à la croissance interne du fruit.....	159
Planche 61. Carence en bore.....	155	Planche 91. Fendillement attribuable à la croissance interne du fruit (coupe longitudinale) ..	160
Planche 62. Fendillement. ....	155	Planche 92. Argenture sur un poivron.....	160
Planche 63. Épaule verte.....	155	Planche 93. Carence en manganèse.....	160
Planche 64. Pourriture grise. ....	155	Planche 94. Carence en bore.....	160
Planche 65. Tige atteinte de chancre gommeux. ....	155	Planche 95. Aubergine atteinte de pourriture grise. ..	160
Planche 66. Fruit atteint de chancre gommeux. ....	155	Planche 96. Anneau de sépales autour de l'aubergine donnant un fruit impossible à commercialiser.....	160
Planche 67. Pourriture glauque.....	156	Planche 97. Thrips des petits fruits (en bas à gauche) et <i>Echinothrips</i> (en haut à droite). ....	161
Planche 68. Taches foliaires. ....	156	Planche 98. Fruit endommagé par l'activité de ponte des thrips. ....	161
Planche 69. Oïdium (blanc).....	156	Planche 99. Virus de la maladie bronzée de la tomate.....	161
Planche 70. Mildiou chez le concombre.....	156	Planche 100. Aleurodes.....	161
Planche 71. Pourriture fusarienne des racines et des tiges de concombre. ....	156	Planche 101. Tétranyque à deux points et œufs. ....	161
Planche 72. Mosaïque du concombre sur la feuille. ....	156	Planche 102. Plants de concombres endommagés par le tétranyque à deux points.....	161
Planche 73. Mosaïque du concombre sur le fruit.....	157	Planche 103. Agent de l'acarose bronzée de la tomate sur une tige.....	162
Planche 74. Premiers symptômes du virus de la nécrose du concombre chez le concombre. ....	157		
Planche 75. Symptômes tardifs du virus de la nécrose du concombre chez le concombre. ....	157		

Planche 104. Dommages causés par l'alimentation du tarsonème du fraisier chez le poivron.....	162
Planche 105. Dommages causés par l'alimentation du tarsonème trapu chez le concombre. ....	162
Planche 106. Pucerons verts du pêcher.....	162
Planche 107. Plant de concombre atteint de fumagine à la suite d'une infestation de pucerons.....	162
Planche 108. Fausse-arpenteuse du chou.....	162
Planche 109. Punaise terne. ....	163
Planche 110. Pyrale du maïs.....	163
Planche 111. Dommages causés par la pyrale du maïs sur un poivron. ....	163
Planche 112. Mouche des terreaux.....	163
Planche 113. Staphylin adulte. ....	163
Planche 114. Dommages aux feuilles causés par la mineuse de la tomate.....	163
Planche 115. Gros plan de larves de mineuses de la tomate.....	164
Planche 116. Dommages au fruit causés par la mineuse de la tomate.....	164
Planche 117. Stades nymphaux du psylle de la pomme de terre.....	164
Planche 118. Dommages causés par les mineuses chez la tomate. ....	164



## 1. Facteurs influençant la serriculture

Le rendement et la qualité des cultures serricoles sont directement liés au soin apporté à la conduite des cultures et à la maîtrise de la croissance des végétaux. Le rôle premier de la serre est de fournir un milieu qui favorise la croissance optimale des plants. Comme on considère souvent la lumière comme le facteur limitatif, l'aménagement des serres vise à maximiser la pénétration de la lumière de manière à maintenir la croissance durant les mois plus sombres. Les autres facteurs qui influencent aussi la croissance et le rendement sont la température, l'eau, la fertilisation, les pressions exercées par les insectes et les maladies, l'espèce cultivée et le cultivar choisi.

Pour certains facteurs de croissance, il est possible, par des interventions, d'influencer la croissance des végétaux, mais pour d'autres, il serait impossible ou contre-productif de le faire. Par exemple, il n'est pas rentable de suppléer le faible niveau de luminosité hivernal, sauf au départ de la culture quand celle-ci est au stade de plantule. Cependant, durant l'été, lorsque le rayonnement est fort, souvent, les producteurs utilisent des écrans ou blanchissent l'extérieur des serres à la chaux pour réduire la transmission de la lumière à la culture.

Le présent chapitre traite de certains facteurs de croissance reliés à la production en serre et de leur influence sur la croissance végétative et générative (fructification).

### Phases végétative et de fructification

En jouant sur la lumière, la température, les apports d'eau et d'éléments nutritifs, les producteurs peuvent faire passer les plants de la phase végétative à la phase de fructification et vice versa de manière à s'assurer d'obtenir des plants ayant la forme ou l'aspect recherché.

En phase *végétative*, un plant produit plus de feuilles et moins de fleurs et de fruits. Le plant affiche alors :

- de grosses feuilles épaisses et vert foncé et une tige robuste ayant une teinte vert pâle au point végétatif;

- des fleurs grosses et mal formées poussant sur des tiges florales et des grappes rachitiques;
- des fruits petits relativement à la taille du plant;
- une croissance racinaire parfois importante.

Par contraste, en phase de *fructification*, le plant affiche :

- des feuilles plus petites et une tige mince teintée de mauve au point de croissance;
- des fleurs plus petites et plus nombreuses bien en évidence;
- des fruits de gros calibre par comparaison à la taille du plant;
- des fruits dont la qualité peut laisser à désirer en raison d'une surexposition au soleil.

L'idéal est un juste équilibre entre les deux phases de croissance (*planches 1 et 2*).

Au départ de la culture, les plants ont tendance à afficher une forte croissance végétative qu'il importe de maîtriser rapidement afin d'induire la phase de fructification et d'obtenir des fruits au moment voulu. Il arrive cependant que les plants se mettent à produire trop de fruits; il faut alors recourir aux pratiques culturales qui encouragent la croissance végétative.

Un plant démarré au début de l'hiver lorsque le rayonnement est à son plus bas et que les températures sont fraîches et l'humidité élevée aura tendance à afficher une croissance végétative s'il reçoit des apports abondants d'eau et d'éléments nutritifs. En augmentant la température (raisonnablement), en abaissant le niveau d'humidité, la quantité d'eau et d'éléments nutritifs, on obtiendra un plant dont la croissance sera mieux maîtrisée.

On peut aussi intervenir dans la croissance du plant en jouant sur l'écart entre les températures diurnes et nocturnes. Durant les heures d'ensoleillement, une température plus élevée permet aux plants de produire des glucides et de croître rapidement. La nuit, une température plus basse permet aux glucides fabriqués au cours de la journée d'être diffusés dans le plant ou emmagasinés aux points de croissance des tiges et des racines, dans les fruits et les feuilles, avec pour résultat

des plants plus denses et plus lourds. Dans une serre, l'obtention de plants bien équilibrés qui fournissent un haut rendement passe par un réglage fréquent des températures et la détermination du moment propice où effectuer ces réglages.

## Température

La température du plant influence plusieurs processus importants qui, tous, ont un effet sur la croissance : photosynthèse, croissance des feuilles, des fleurs et des racines, forme et développement du plant, et humidité relative. Voici une description de ces processus.

### Photosynthèse et respiration

La photosynthèse est le processus par lequel les plants utilisent certaines longueurs d'onde de la lumière (le rayonnement photosynthétiquement utilisable ou RPU) pour convertir le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) en glucides et en oxygène. Le plant emmagasine de l'énergie sous forme de glucides.

La respiration est le processus qui reconvertit les glucides en dioxyde de carbone et en eau, ce qui libère de l'énergie. Cette énergie sert alors à favoriser des processus comme l'amorce et le développement des racines, des feuilles et des bourgeons. La respiration ne dépend pas de la lumière étant donné qu'elle a cours jour et nuit. C'est la température qui influence le taux de respiration.

L'effet net des deux processus est la croissance du plant, lequel peut s'exprimer comme une accumulation de matière sèche. La température optimale pour une augmentation de la matière sèche dépend de l'intensité lumineuse. Plus l'intensité lumineuse est élevée, plus la température optimale doit l'être. Pour la plupart des cultures de serre, cet optimum se situe entre 12 et 16 °C durant les périodes où l'éclairage naturel est le plus faible, et entre 15 et 25 °C quand l'intensité lumineuse est forte.

### Taux de croissance des feuilles, des fleurs et des racines

La croissance des feuilles, des fleurs et des racines requiert de l'énergie fournie par la respiration.

La respiration, à son tour, est influencée par la température. Au début du développement de la feuille et de la fleur, pour chaque augmentation de 1 °C entre 10 et 30 °C, l'augmentation correspondant du taux de croissance est d'environ 10 %. Ainsi, la température moyenne sur 24 heures détermine le taux de croissance de la culture. Les producteurs devraient abaisser la température moyenne sur 24 heures sous des conditions de faible luminosité, et l'augmenter sous des conditions de forte luminosité.

Le réglage des températures dans la serre devrait s'appuyer sur l'observation des caractéristiques morphologiques du plant. Lorsque la température moyenne sur 24 heures est basse, le plant aura des entre-nœuds plus courts, des tiges et des feuilles plus épaisses, et de grosses fleurs. Lorsque la température moyenne sur 24 heures est élevée, le plant aura des entre-nœuds plus longs, des tiges et des feuilles plus minces, et des fleurs petites et étiolées. Il s'agit de viser un compromis entre les deux, car si la température moyenne sur 24 heures est trop élevée, le plant et ses fleurs seront affaiblis, ce qui entraînera une baisse de rendement, tandis que si elle est trop basse, la récolte sera retardée ou les fleurs seront endommagées, ce qui aura pour effet de donner des fruits difformes.

### Forme et développement

La température a une influence sur la taille et la forme des feuilles. Par exemple, les concombres et la laitue ont des feuilles courtes et larges quand la température au début est basse, alors que des températures élevées donnent des feuilles longues et étroites.

La différence entre les températures de jour et de nuit a un effet sur la forme du plant. Un petit écart entre les températures diurnes et nocturnes ou les mêmes températures le jour et la nuit accentuent la croissance végétative, ce qui donne des plants aux entre-nœuds plus courts et aux feuilles plus épaisses et plus larges (*planche 2*), tandis qu'un écart important entre les températures diurnes et nocturnes favorise la phase de

fructification, ce qui donne des plants aux entre-nœuds plus longs et aux feuilles plus minces et plus grêles. Au départ de la culture, les producteurs devraient maintenir des températures très proches le jour et la nuit afin de favoriser l'établissement des plants. Toutefois, une fois la floraison et la fructification terminées, un écart de température s'impose.

### Humidité

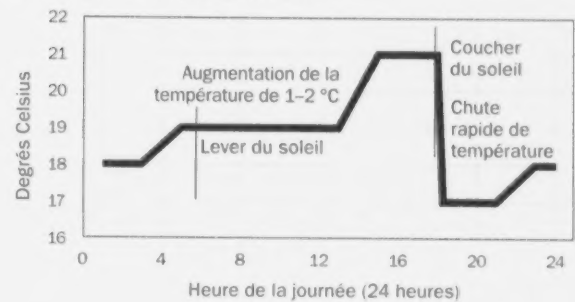
La température produit un effet inverse sur l'humidité. Quand la température augmente, l'humidité relative (HR) diminue et vice versa. L'HR a une influence inverse sur le taux de transpiration, et, dès lors, sur la teneur en eau du plant. En général, les plants cultivés là où le taux d'HR est élevé auront des feuilles plus grosses et des tiges plus longues que là où le taux d'HR est plus bas.

### Gestion de la température

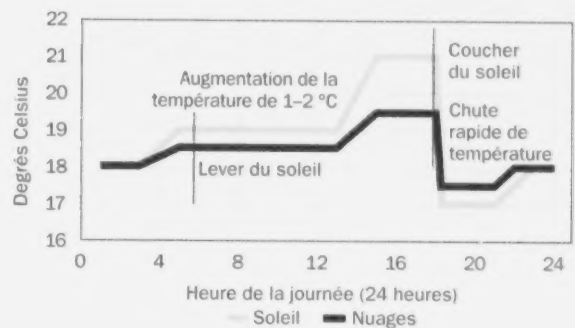
La température optimale pour chaque culture dépend des conditions de lumière, du stade de croissance et de la saison. En jouant sur les températures dans la serre, les producteurs peuvent maîtriser la vitesse de croissance de la culture, sa vigueur, la forme et la morphologie des plants, le calibre des fruits et, en fin de compte, le rendement. En général, les températures moyennes sur 24 heures optimales sont les suivantes : 17–18 °C pour la laitue; 19 °C pour la tomate; 19 °C pour le poivron; et 21 °C pour le concombre. Toutefois, en pratique, plusieurs stratégies touchant les températures se sont révélées rentables.

La figure 1-1, *Profil de température pour les cultures en serre — temps ensoleillé*, et la figure 1-2, *Profil de température pour les cultures en serre — temps nuageux*, sont des exemples de manipulations de la température utilisées dans le but d'obtenir le plant idéal ayant une belle forme et une production de qualité supérieure. Ces manipulations consistent à maintenir une température moyenne sur 24 heures optimale, mais à élever la température l'après-midi de manière à accélérer la croissance, et à l'abaisser en début de soirée afin de promouvoir la mise à fruit et la robustesse de la partie aérienne et des racines.

**Figure 1-1.** Profil de température pour les cultures en serre — temps ensoleillé



**Figure 1-2.** Profil de température pour les cultures en serre — temps nuageux



### Chauffage

Les besoins en chauffage d'une serre peuvent aussi bien être calculés sur une base horaire que sur une base annuelle. Ces calculs tiennent compte des températures intérieures et extérieures, du type de revêtement et de la superficie de la serre. Les fabricants de systèmes de chauffage destinés aux serres conçoivent des systèmes adaptés aux conditions locales. La recommandation habituelle pour un écart de température de 35 °C est de 350 watts d'énergie thermique par mètre carré ( $W/m^2$ ) pour une serre en verre et de 270  $W/m^2$  pour une serre en polyéthylène double. De manière empirique, dans le sud-ouest de l'Ontario, on recommande une chaudière de 100 hp (981 kW) pour 0,4 ha de serre. L'installation d'écrans thermiques permet d'abaisser cette valeur de 25–35 %.

Les besoins en chaleur des principales cultures légumières de serre (c.-à-d., tomates, concombres, poivrons et laitue) varient considérablement. Même si certaines cultures (p. ex., la laitue) demandent moins de chaleur que d'autres, il faut, dans la conception



du système de chauffage, tenir compte des besoins en chaleur de cultures qui en réclament davantage, afin que les producteurs puissent éventuellement passer facilement à d'autres cultures.

Le chauffage central est le système de chauffage des serres le plus courant en Ontario. Habituellement, la source d'énergie utilisée est le gaz naturel, bien que certains producteurs utilisent des copeaux de bois (bois de rebut) ou des granulés combustibles faits de bois, de cultures produites à cette fin ou de résidus agricoles. Le combustible de soute et le fuel-oil lourd n° 2 sont souvent utilisés comme combustibles de réserve, bien que quelques producteurs les utilisent comme source principale d'énergie. Plusieurs producteurs utilisent du propane, surtout ceux qui sont éloignés des réseaux de distribution du gaz naturel.

La chaleur est produite sous forme de vapeur ou d'eau chaude à partir d'une chaudière centrale et circule par un réseau de tuyaux chauffants. Le principal avantage d'un tel système est que les tuyaux peuvent être placés sur le périmètre de la serre, là où les pertes de chaleur les plus importantes se produisent, ou aux endroits où ils seront le plus efficaces (c.-à-d., à l'intérieur de la culture à environ 30–60 cm du sol). Le principal avantage des systèmes à eau chaude est la possibilité qu'ils offrent de régler la température de l'eau dans les tuyaux, lesquels sont placés à l'intérieur de la culture pour aider à garder une bonne circulation d'air entre les plants et pour servir en même temps de réseau de rails utile à la circulation des voiturettes électriques ou à batterie, ce qui contribue à faciliter le travail du personnel. Des tuyaux de faible diamètre situés à 50 cm au-dessus de la culture, à l'intérieur de la frondaison, améliorent l'efficacité énergétique et réduisent l'incidence de la maladie (*planche 3*).

Les unités de chauffage au gaz sont la solution de rechange habituelle au système de chauffage central. Même si ces unités sont économiques à installer, elles présentent plusieurs inconvénients de taille : mauvaise distribution de la chaleur, plus grandes fluctuations de température, efficacité de la combustion moindre selon les saisons et possibilité que des gaz du conduit pénètrent dans la serre. Certains producteurs attachent un réseau de conduits aux unités et dirigent l'air chaud entre les rangées de plants au moyen de gros tubes

de plastique. Cette pratique améliore grandement la répartition de la chaleur dans la serre en plus d'approvisionner directement en air frais la chambre de combustion, minimisant ainsi les risques d'une combustion incomplète.

### **Refroidissement**

S'il faut beaucoup de chaleur pour maintenir les températures dans les serres durant l'hiver, à la belle saison, il faut au contraire abaisser les températures. Le refroidissement se fait habituellement par un échange de l'air entre la serre et l'extérieur. Un renouvellement d'air par minute est requis pendant les grandes chaleurs de l'été. Les deux systèmes couramment utilisés sont la ventilation naturelle (par des aérateurs de faîte pour les serres de verre et d'acrylique et les serres de polyéthylène double épaisseur de conception récente, et par des ouvertures à la gouttière pour les serres en polyéthylène double épaisseur plus anciennes) et la ventilation à air pulsé (pour les serres refroidies par des ventilateurs). Ce dernier système permet aussi l'installation d'un système de refroidissement à l'aide de ventilateurs et d'un tapis humide, qui apporte un refroidissement supplémentaire en été. Certains producteurs utilisent les systèmes de nébulisation à haute pression pour le refroidissement au printemps et en été et pour la maîtrise de l'humidité en hiver et au printemps.

### **Capteurs et commandes de température**

Dans le passé, les producteurs utilisaient des capteurs de température mécaniques pour surveiller les températures dans les serres. Aujourd'hui, les capteurs électroniques (thermistors) sont utilisés de pair avec des appareils de commande analogiques ou numériques. Il faut placer ces capteurs près des points de croissance et les élever au fur et à mesure de la croissance des plants, afin de surveiller la température du milieu entourant directement les points de croissance.

Étant donné que les températures varient souvent d'un endroit à l'autre de la serre, le capteur est placé dans une boîte à aspiration. L'air de la serre est ainsi amené à circuler autour du thermomètre, ce qui procure des lectures de température plus précises.



Les ordinateurs sont maintenant largement utilisés pour commander les températures et autres paramètres environnementaux dans la serre. On peut les programmer de façon à régler ou à maintenir la température selon le moment de la journée, l'intensité de la lumière naturelle, l'HR et bien d'autres facteurs. En plus d'offrir une valeur de réglage statique de la température, l'ordinateur permet le passage graduel des températures nocturnes aux températures diurnes et vice versa. Ce passage graduel (augmentation et diminution de température commandées) permet d'atteindre plus facilement les températures optimales ciblées pour la croissance des plants, compte tenu du cultivar ou du système cultural employé.

Les ordinateurs représentent un coût d'investissement élevé. Cependant, comme ils procurent une maîtrise accrue des températures, de l'HR et du climat dans la serre, ils contribuent à réduire au minimum l'incidence des maladies, ce qui les rend indispensables quel que soit la grosseur de la serre.

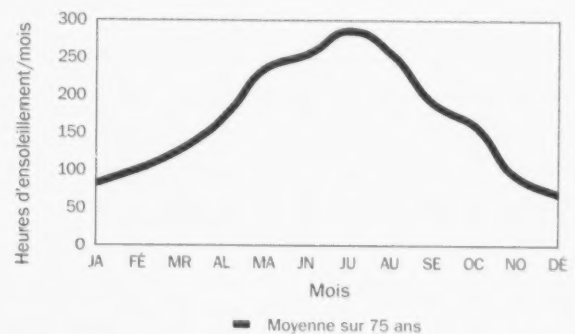
## Lumière

La lumière est le facteur de production le plus important dans la croissance des végétaux. La photosynthèse utilise l'énergie de la lumière pour combiner l'eau et le dioxyde de carbone et produire des glucides.

Il reste que la lumière est aussi le facteur de croissance sur lequel les producteurs ont le moins d'emprise. Il est possible de recourir à l'éclairage artificiel pour stimuler l'activité photosynthétique, mais compte tenu des coûts élevés de l'énergie, cette solution n'est habituellement pas viable sur le plan économique pour les producteurs maraîchers, sauf s'ils peuvent compter sur des économies d'échelle et sur une bonification des prix pour l'offre de produits en dehors de la saison habituelle. Par contre, le recours à la lumière d'appoint est fréquent dans la culture des plantules et des plants avant leur mise en place définitive. Il est en général convenable et économique de recourir à un éclairage d'appoint à raison de  $40 \text{ W/m}^2$  pour allonger la photopériode. On obtient ainsi des plants plus forts et plus massifs en moins de temps durant la période de faible rayonnement et de jours courts qu'on connaît en décembre et janvier.

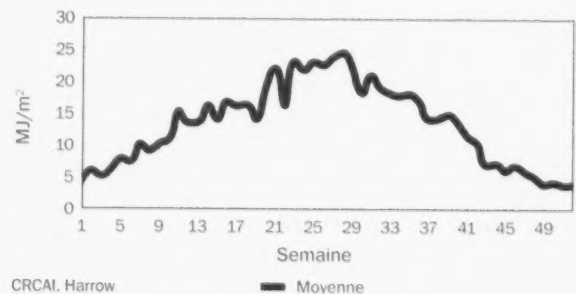
Les schémas d'ensoleillement normaux sont présentés à la figure 1-3, *Moyenne des heures d'ensoleillement sur 75 ans*, à la figure 1-4, *Moyenne hebdomadaire du rayonnement global*, et à la figure 1-5, *Moyenne du rayonnement global sur 10 ans*. Comme il y a relativement peu d'énergie lumineuse disponible pour la croissance au milieu de l'hiver comparativement à l'été, il faut souvent le double du temps pour obtenir le même niveau de croissance en janvier qu'en mai. Il faut tenir compte de cette réalité quand on établit le calendrier de production des légumes de serre. Les méthodes d'exploitation des serres, y compris les ajustements journaliers et saisonniers des températures et des éléments nutritifs, doivent tenir compte des conditions de lumière qui prévalent.

**Figure 1-3.** Moyenne des heures d'ensoleillement sur 75 ans



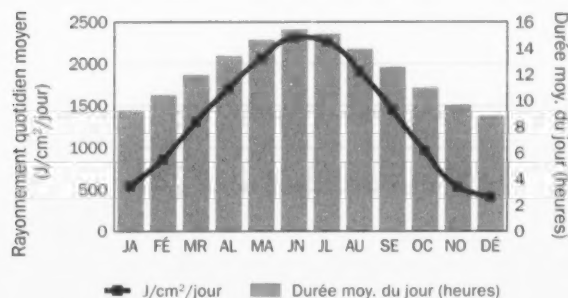
Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles (CRCAI), Harrow

**Figure 1-4.** Moyenne hebdomadaire du rayonnement global\*



CRCAI, Harrow

\* Le rayonnement global est une mesure du rayonnement solaire de longueurs d'onde comprises entre 200 et 2 800 nanomètres (nm).

**Figure 1-5.** Moyenne du rayonnement global sur 10 ans

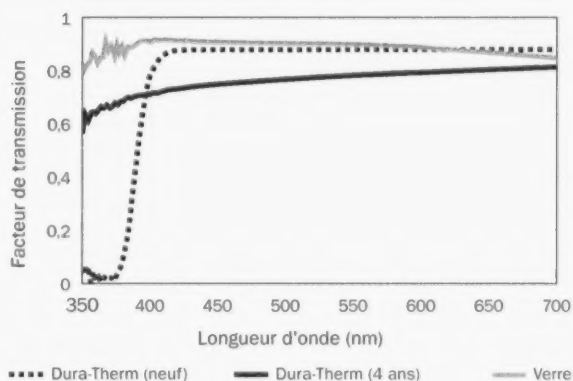
Station de recherches de Vineland, Vineland Station

### Interaction entre l'intensité lumineuse et la feuille

Il y a une interaction manifeste entre la taille de la feuille et l'intensité lumineuse. Ceci est particulièrement vrai dans le cas des jeunes feuilles en croissance : durant les périodes d'intensité lumineuse réduite, les plants ont tendance à produire de plus grandes feuilles. Ainsi, plus de lumière peut être interceptée, ce qui améliore le taux global d'efficacité de conversion du plant. Ces grandes feuilles sont habituellement minces, ont une cuticule plus mince et sont plus faciles à endommager lorsqu'on les manipule dans le cadre des opérations culturales. Par

comparaison, les feuilles qui ont poussé sous une forte intensité lumineuse ont ordinairement une cuticule plus épaisse.

Dans les feuilles qui poussent sous une faible intensité lumineuse, les chloroplastes (capteurs de l'énergie lumineuse dans la cellule végétale) sont disposés perpendiculairement aux rayons du soleil, de façon à capter plus d'énergie solaire. Toutefois, le degré d'adaptation dépend de l'âge du plant ou des feuilles, et de la longueur de la période d'acclimatation. Ceci explique en partie pourquoi les plants ayant poussé au printemps sont plus gros que ceux qui ont poussé à l'automne, même s'ils ont profité d'une quantité égale de lumière.

**Figure 1-6.** Transmission de la lumière par le verre et le polyéthylène double épaisseur**Tableau 1-1.** Table de conversion pour la lumière

Source de lumière	De $W/m^2$ à $\mu mol/m^2/sec$	De $\mu mol/m^2/sec$ à $W/m^2$	De lux à $\mu mol/m^2/sec$	De $\mu mol/m^2/sec$ à lux	De lux à $W/m^2$
<b>Lumière du soleil</b>	4,57	0,22	0,02	54,00	0,004
<b>Sodium à haute pression (SON/T)</b>	4,98	0,20	0,01	82,00	0,002
<b>Lumière incandescente</b>	5,00	0,20	0,02	50,00	0,004
<b>Mercure à haute pression</b>	4,52	0,22	0,01	84,00	0,003
<b>Hallogénure métallisé</b>	4,59	0,22	0,01	71,00	0,003

 $W/m^2$  – watts/ $m^2$  $\mu mol/m^2/sec$  – micromols/ $m^2/sec$ 

Source : Thimijan et Heins. « HortScience » 18:818-822, 1985.

### Transmission de la lumière

La quantité de lumière qui pénètre à l'intérieur de la serre dépend beaucoup du revêtement utilisé. Le verre a été le revêtement traditionnel des serres de légumes. Cependant, le polyéthylène double épaisseur est de plus en plus utilisé depuis 20 ans. La popularité de ce matériau s'explique par ses avantages sur le plan énergétique, son caractère économique et sa pose qui n'entraîne pas de perte de productivité (voir la figure 1-6, *Transmission de la lumière par le verre et le polyéthylène double épaisseur*).

Les deux principaux facteurs qui déterminent la transmission de la lumière à travers un revêtement sont : l'indice de réfraction et la quantité de lumière absorbée par le matériau. Des calculs théoriques ont montré que pour le verre, environ 4 % de la lumière est réfléchi à chaque interface air-revêtement. Cela signifie que la transmission de lumière maximale pour une seule couche de matériau est d'environ 92 %. Par contraste, la transmission théorique maximale à travers une double couche de verre est de 84 % (2 couches avec 4 % de lumière réfléchi à chaque interface = 16 %), ce qui indique que la perte de lumière la plus importante est due à la réflexion et non à l'absorption. Ce phénomène explique pourquoi la transmission de lumière à travers un revêtement à double épaisseur est considérablement moindre qu'à travers une seule couche de revêtement du même matériau, même lorsque l'épaisseur de la couche unique correspond à l'épaisseur totale des deux couches.

On comprend ainsi pourquoi la différence dans la transmission de lumière est faible entre des couches de polyéthylène de 100 et de 150 microns. De plus, les additifs mis au point par la recherche et le développement pour la fabrication des films de polyéthylène ont amélioré les propriétés de transmission de la lumière des nouveaux plastiques, augmentant ainsi la quantité et la qualité de lumière qui atteint les plants. Ces progrès technologiques ont aussi permis d'intervenir sur la transmission des rayons ultraviolets (UV) afin de réduire l'incidence de maladies (car des études ont établi que certaines longueurs d'onde favorisaient les infections causées par *Botrytis*) et de permettre aux bourdons de butiner efficacement dans les serres sous polyéthylène double épaisseur.

Il faut garder à l'esprit toutefois que de nombreux rapports contradictoires ont été publiés sur la transmission de la lumière par différents matériaux. L'emploi de méthodes de mesure différentes explique habituellement les écarts observés. En général, seulement 60-75 % de la lumière qui frappe la surface extérieure de la serre se rend au plant.

La conception actuelle des toits des serres et la hauteur accrue des gouttières ont permis une meilleure transmission de la lumière et facilité la gestion des paramètres environnementaux et des conditions de croissance dans les serres (*planches 4 et 5*).

Les unités de mesure employées pour exprimer l'intensité lumineuse varient selon les systèmes de commande et le matériel qui sont utilisés. L'intensité de la lumière est souvent exprimée en unités de rayonnement telles que les watts par mètre carré ( $W/m^2$ ), en Joules par mètre carré ( $J/m^2$ ) ou en unités de photométrie, c.-à-d., en lux ou en pieds-bougies. Le tableau 1-1, *Table de conversion pour la lumière*, donne les facteurs de conversion à utiliser pour passer d'une unité de mesure de la lumière à une autre.

La lumière la plus utile à la photosynthèse est désignée rayonnement photosynthétiquement utilisable (RPU). Il s'agit de la lumière de longueurs d'onde comprises entre 400 et 700 nm.

### Humidité relative (HR)

L'HR est le rapport entre la quantité réelle de vapeur d'eau présente dans un volume d'air donné (c.-à-d., humidité absolue) et la quantité maximale de vapeur d'eau qui peut être contenue dans ce volume d'air à une température donnée. L'HR est donnée en pourcentage et varie de 40 à 100 % dans la plupart des serres. Plus l'HR est élevée, plus il y a de vapeur d'eau dans l'air (voir le tableau 1-2, *Teneur en eau de l'air à 18 °C sous différents taux d'HR*). Les lectures indiquées par un thermomètre mouillé et par un thermomètre sec ainsi que les diagrammes psychrométriques fournissent de l'information sur la quantité d'eau présente dans l'air, l'humidité relative et le point de rosée. La plupart des ordinateurs servant à commander les paramètres environnementaux dans la serre fournissent automatiquement cette information.

Comme le montre le tableau 1-3, *Effet de la température sur l'air saturé d'eau*, la quantité de vapeur d'eau que l'air peut contenir augmente avec la température, doublant presque à chaque augmentation de température de 10 °C. Cela signifie que la quantité d'eau dans l'air qui permet d'atteindre une HR de 70 % varie selon la température, comme le montre le tableau 1-4, *Influences exercées sur la tension de vapeur*. Par exemple, à 20 °C et à 70 % d'HR, l'air peut retenir seulement 12,2 g d'eau/m<sup>3</sup>. Cependant, à 30 °C et à 70 % d'HR, l'air peut contenir 21,9 g d'eau/m<sup>3</sup>. Cette différence affecte la transpiration des plants et la capacité asséchante de l'air.

**Tableau 1-2.** Teneur en eau de l'air à 18 °C sous différents taux d'HR

Humidité relative (%)	Teneur en eau (g/m <sup>3</sup> )
100	15,7
80	12,6
60	9,4
30	4,7

Tableau dérivé de diagrammes psychrométriques.

Source : « 2001 ASHRAE Handbook—Fundamentals » (American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2001).

**Tableau 1-3.** Effet de la température sur l'air saturé d'eau

Température (°C)	Teneur en eau (g/m <sup>3</sup> )
0	4,9
10	9,5
20	17,8
30	31,8

Tableau dérivé de diagrammes psychrométriques.

Source : « 2001 ASHRAE Handbook—Fundamentals » (American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2001).

**Tableau 1-4.** Influences exercées sur la tension de vapeur

Temp. (°C)	HR (%)	Teneur max. en eau (g/m <sup>3</sup> )	Teneur réelle en eau (g/m <sup>3</sup> )	Déficit de tension de vapeur (g/m <sup>3</sup> )
20	70	17,6	12,2	5,4
25	70	23,6	16,4	7,2
30	70	31,7	21,9	9,8

Tableau dérivé de diagrammes psychrométriques.

Source : « 2001 ASHRAE Handbook—Fundamentals » (American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2001).

### Déficit de tension de vapeur

La vapeur d'eau dans l'air exerce une pression, qui est indiquée en millibars (mb) ou en kilopascals (kPa). La vapeur d'eau présente dans la feuille exerce aussi une pression. Le déficit de tension de vapeur (DTV) correspond à l'écart entre la vapeur d'eau présente dans le plant et la vapeur d'eau présente à l'extérieur du plant. Plus le DTV est grand, plus l'est également le taux de transpiration (c.-à-d., les déplacements d'eau qui se font de la feuille vers l'atmosphère par les stomates ouverts).

Voici une méthode simple permettant de calculer le DTV :

- Déterminer la tension de vapeur dans la feuille :
  - Mesurer la température de la feuille.
  - À l'aide d'un diagramme psychrométrique, trouver la tension de vapeur à une HR de 100 % (l'intérieur d'une feuille saine étant toujours mouillé, on présume en effet que le taux d'HR est de 100 %).
- Déterminer la tension de vapeur dans l'air :
  - Mesurer la température et le degré d'humidité de l'air.
  - À l'aide d'un diagramme psychrométrique, trouver la tension de vapeur correspondant à ces variables.
- Retrancher la tension de vapeur dans l'air de la tension de vapeur dans la feuille.

Comme le montre le tableau 1-4, la tension de vapeur augmente avec la température. Le fait que le déficit de tension de vapeur soit plus faible à 20 °C signifie que le taux de transpiration n'est alors pas aussi élevé que sous le déficit de tension de vapeur observé à 30 °C.

Il est possible d'influencer la vigueur et la vitesse de croissance d'un plant en jouant sur le DTV. Si l'on maintient le DTV trop bas, le taux de transpiration sera faible et les plants auront des feuilles plus épaisses et plus grandes, de grosses tiges, un système racinaire plus faible, et seront plus sensibles aux maladies. Si le DTV est trop élevé, le taux de transpiration sera élevé et les plants auront des feuilles minces et plus petites, des tiges plus grêles et un système racinaire plus fort. Des valeurs de DTV extrêmes ou des fluctuations rapides du DTV sont néfastes à la croissance, à la qualité des fruits et à la productivité des plants.

Le tableau 1-5, *DTV en fonction de la température et de l'HR*, p. 10, montre les valeurs du DTV correspondant à diverses températures et valeurs d'HR. Les zones claires du tableau font ressortir les données qui se situent dans la plage de DTV optimale, qui va de 0,4 à 0,8 kPa (4-8 mb). À l'intérieur de cette plage, un taux de transpiration optimal et une absorption optimale des éléments nutritifs conjugués à un niveau de glucides convenable donneront des plants sains et vigoureux, à rendement élevé.

On peut corriger le DTV dans la serre en modifiant les températures de l'air, le taux de ventilation et la circulation d'air. On peut aussi modifier le DTV en jouant sur la quantité d'eau mise à la disposition de la culture.

Si l'on chauffe ou refroidit l'air de la serre sans changer la quantité d'humidité présente, l'HR diminue ou augmente respectivement. Ces changements de l'HR se produisent régulièrement là où des régimes de températures diurnes et nocturnes différents sont établis. Par exemple, de nombreux producteurs vont augmenter la température au lever du soleil d'environ 3 °C et diminuer ainsi l'HR de 12-18 %, provoquant une augmentation de la transpiration. Dans la soirée, la baisse de température augmente l'HR, ce qui oblige à ventiler pour évacuer l'excès d'humidité et prévenir le développement de maladies.

**On peut utiliser la règle empirique suivante pour la plupart des serres : pour chaque augmentation de température de 1 °C, l'HR baisse de 4 à 6 %.**

Quand l'air humide atteint son point de saturation, il se forme de la condensation sur les surfaces les plus fraîches de la serre. Le jour, les feuilles sont habituellement plus chaudes que l'air ambiant, mais la nuit, en raison des pertes de chaleur rayonnante, la température des feuilles peut être de 1-2 °C plus basse que celle de l'air. Si l'HR dans la serre est de près de 95 %, de la condensation peut se former à la surface des feuilles. Des périodes prolongées de forte HR et la présence d'eau libre favorisent l'éclosion des maladies bactériennes et la germination de nombreuses spores, d'où des infections par *Botrytis* ou le blanc.

Il peut y avoir un taux extrêmement bas d'HR lorsqu'on laisse une quantité importante d'air sec entrer dans la serre, par exemple au cours d'une journée claire et ensoleillée au début de l'année. Durant ces périodes, le cycle de refroidissement doit être surveillé de près, car trop de ventilation réduit trop rapidement l'HR et peut ainsi causer une brûlure du jeune feuillage ou une torsion du jeune fruit du concombre, ce qui diminue le rendement du plant et la qualité du fruit.

On peut installer un système de nébulisation qui maintient le taux d'HR afin de prévenir les dommages à certaines cultures. Durant l'été, lorsque la ventilation à air pulsé est requise, on a peu à craindre les forts taux d'HR le jour, sauf si l'on a installé un système de refroidissement avec ventilateur et tapis humide. Toutefois, la ventilation et/ou le chauffage sont souvent nécessaires la nuit pour éviter des taux d'HR excessifs et la formation de condensation sur le feuillage.

L'HR agit aussi sur le transfert du pollen. Dans le cas des tomates, elle doit se situer entre 70 et 75 % au moment de la pollinisation, afin de permettre un déplacement adéquat du pollen des anthères sur les stigmates. Après la pollinisation, un taux plus élevé d'HR favorise la germination du pollen, ce qui donne une plus grosse production de fruits et des fruits de meilleur calibre.



## Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

La concentration du CO<sub>2</sub> ambiant dans l'air extérieur est d'environ 360 ppm (parties par million) par volume. Durant la photosynthèse, les plants utilisent l'énergie solaire pour absorber le CO<sub>2</sub> de l'air et le combiner avec de l'eau pour produire les glucides nécessaires à leur croissance. Conséquemment, dans une serre étanche à l'air peut qui n'est pas suffisamment ventilée, la concentration de CO<sub>2</sub> peut descendre bien en deçà de la concentration à l'extérieur, plus particulièrement durant les périodes ensoleillées, alors que les activités photosynthétiques ont cours. Des réductions significatives de la concentration de CO<sub>2</sub> dans les serres (allant jusqu'à un niveau aussi bas que 200 ppm) ont été observées durant des périodes de fort ensoleillement même avec la ventilation d'été. Sans enrichissement en CO<sub>2</sub>,

l'activité photosynthétique décroît, ce qui nuit à la croissance et à la fructification.

L'apport de CO<sub>2</sub> est spécifique à chaque exploitation. Lorsque le niveau de CO<sub>2</sub> passe à 800–1300 ppm le jour, on observe une amélioration de 15–20 % de la croissance des plants ainsi qu'une amélioration du calibre, de la qualité et de la couleur des fruits. Le niveau optimal d'enrichissement en CO<sub>2</sub> dépend de la culture et du mouvement de l'air à l'intérieur de la serre. Habituellement, lorsque la circulation d'air est bonne, le niveau optimal de CO<sub>2</sub> est d'environ 1000 ppm les journées ensoleillées et 400 ppm les journées nuageuses ou lorsque les orifices de ventilation sont ouverts de plus de 10 %. En Ontario, la plupart des sericulteurs qui produisent toute l'année recourent à l'enrichissement en CO<sub>2</sub> et surveillent le maintien de la concentration de CO<sub>2</sub> au niveau voulu à l'aide d'appareils de réglage.

**Tableau 1-5.** DTV en fonction de la température et de l'HR (en mb)

TEMP. (°C)	HR (%)									
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
15,0	8,5	7,7	6,8	6,0	5,1	4,3	3,4	2,6	1,7	0,9
16,0	9,1	8,2	7,3	6,4	5,5	4,6	3,6	2,7	1,8	0,9
17,0	9,7	8,7	7,8	6,8	5,8	4,8	3,9	2,9	1,9	1,0
18,0	10,3	9,3	8,3	7,2	6,2	5,2	4,1	3,1	2,1	1,0
19,0	11,0	9,9	8,8	7,7	6,6	5,5	4,4	3,3	2,2	1,1
20,0	11,7	10,5	9,4	8,2	7,0	5,9	4,7	3,5	2,3	1,2
21,0	12,4	11,2	9,9	8,7	7,5	6,2	5,0	3,7	2,5	1,2
22,0	13,2	11,9	10,6	9,3	7,9	6,6	5,3	4,0	2,6	1,3
23,0	14,1	12,6	11,2	9,8	8,4	7,0	5,6	4,2	2,8	1,4
24,0	14,9	13,4	11,9	10,4	9,0	7,5	6,0	4,5	3,0	1,5
25,0	15,8	14,3	12,7	11,1	9,5	7,9	6,3	4,8	3,2	1,6
26,0	16,8	15,1	13,4	11,8	10,1	8,4	6,7	5,0	3,4	1,7
27,0	—	—	—	12,5	10,7	8,9	7,1	5,4	3,6	1,8
28,0	—	—	—	13,2	11,3	9,5	7,6	5,7	3,8	1,9
29,0	—	—	—	—	12,0	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
30,0	—	—	—	—	12,7	10,6	8,5	6,4	4,2	2,1

Note 1 : Le préférendum de la plupart des plantes en serre se trouve dans la partie non ombragée.

Note 2 : 1 mb = 0,1 kPa

Note 3 : En règle générale, les expressions suivantes sont interchangeableables : 0,1 kPa = 0,7 g/m<sup>3</sup> = HR de 3 %

Source : W.R. Jarvis. « Managing Diseases in Greenhouse Crops ».

L'éventuelle augmentation de rendement doit être évaluée à la lumière de l'accroissement des coûts et des prix offerts sur le marché. En Ontario, il est généralement rentable de pratiquer l'enrichissement en  $\text{CO}_2$  durant les mois d'été, de même qu'en tout temps quand les orifices de ventilation sont ouverts de plus de 10 %. Le  $\text{CO}_2$  liquide et le  $\text{CO}_2$  récupéré à partir des gaz de combustion se prêtent bien à l'enrichissement en  $\text{CO}_2$  pendant l'été.

### Méthodes d'enrichissement en $\text{CO}_2$

La récupération de  $\text{CO}_2$  à partir des fumées de combustion de carburants comme le gaz naturel, le propane ou le kérosène à faible teneur en soufre constitue la méthode la plus courante d'enrichissement en  $\text{CO}_2$ . Les combustibles sont brûlés dans des brûleurs spéciaux placés à des endroits stratégiques de la serre afin d'en faciliter la distribution. Le  $\text{CO}_2$  peut aussi être récupéré à partir des fumées de combustion des installations de chauffage ou des chaudières. La chaleur produite par les émissions de gaz de combustion est emmagasinée comme eau chaude dans de grands réservoirs tampons et utilisée la nuit lorsque le besoin de chaleur se fait sentir. On a aussi beaucoup recours maintenant au  $\text{CO}_2$  liquide qui, grâce à son usage répandu, est plus économique.

Le taux d'enrichissement en  $\text{CO}_2$  dépend du taux d'infiltration de l'air extérieur dans la serre. En règle générale, un taux d'enrichissement en  $\text{CO}_2$  de 45–65 kg/ha/heure maintient la concentration de dioxyde de carbone à 1000 ppm dans une serre fermée ou à 350–400 ppm dans une serre ventilée. La capacité des brûleurs et le taux de  $\text{CO}_2$  liquide pour différents types de serres sont indiqués dans la fiche technique n° 00-078 du MAAARO, *Le gaz carbonique dans les serres*. Cette fiche technique traite aussi de la distribution et du coût du  $\text{CO}_2$  ainsi que des dangers d'une combustion incomplète.

### Conservation de l'énergie

Dans la culture de légumes en serre, l'énergie figure au titre des charges d'exploitation les plus importantes. Dans les serres commerciales, il est recommandé de tirer parti de manière judicieuse des techniques de conservation de l'énergie. Les répercussions de ces

techniques sur la production des cultures doivent toutefois être prises en compte. Le maintien d'une moyenne de température plus basse sur 24 heures dans le but d'économiser l'énergie n'est pas conseillé, car cette pratique ralentit la croissance, donne des fruits de moins bonne qualité et augmente l'incidence des maladies. Il est plus avantageux d'optimiser les conditions propices à un rendement économique maximal.

L'utilisation de serres éconergétiques à double paroi de polyéthylène ou revêtues de panneaux latéraux d'acrylique SDP® est monnaie courante en Ontario. Les pratiques agronomiques et de gestion ont été modifiées pour compenser une plus faible transmission de la lumière et un plus faible taux de renouvellement de l'air à l'heure, afin que ces facteurs n'aient pas de répercussions négatives sur les productions végétales (une serre de verre permet de 0,75–1,5 renouvellement/heure, tandis que les serres à double paroi de polyéthylène permettent 0,2–1,0 renouvellement/heure). Garder à l'esprit que les serres de nouvelle génération (à la fois celles qui sont à double paroi de polyéthylène et celles qui sont en verre) sont beaucoup plus étanches aux infiltrations d'air que les vieilles serres; elles permettent 0,5–1 renouvellement d'air/heure comparativement à 1–4 renouvellements d'air/heure.

L'évolution des films de polyéthylène utilisés dans la fabrication des serres a permis d'accroître les économies d'énergie. Les films à infrarouge (IR) et les films anti-condensation en sont des exemples. Les films à IR réduisent les pertes de chaleur. Avec les films anti-condensation, il n'est pas nécessaire de ventiler autant la serre pour gérer le milieu ambiant. Avec les films anti-condensation, il se forme peu d'eau sur la face intérieure de la toiture, ce qui accroît la transmission de la lumière.

Voici un aperçu d'autres techniques de conservation de l'énergie :

- isolation des tuyaux de chauffage dans le but de réduire les pertes de chaleur le long des canalisations principales et des collecteurs au sortir de la chaudière;



- isolation des parois latérales, l'isolant devant se prolonger jusqu'à au moins 0,6 m sous le niveau du sol;
- brise-vent protégeant la serre des vents dominants, afin de réduire les pertes de chaleur;
- révision périodique de l'installation de chauffage et de la chaudière;
- disposition judicieuse des sources de chaleur à proximité des plants afin d'éviter la dispersion de la chaleur vers les surfaces de la serre, et disposition des tuyaux de chauffage à l'eau chaude de faible diamètre parmi le feuillage de manière à améliorer la productivité ou la qualité des plants;
- plantations retardées jusqu'au moment où les besoins en chauffage sont réduits, en gardant toutefois à l'esprit que les récoltes hâtives commandent en général des prix plus élevés sur le marché.

Même si les écrans d'ombrage sont peu utilisés dans les serres à double paroi de polyéthylène en Ontario, certaines serres nouvellement construites en sont pourvues. Les serres en verre modernes utilisent systématiquement les écrans d'ombrage.

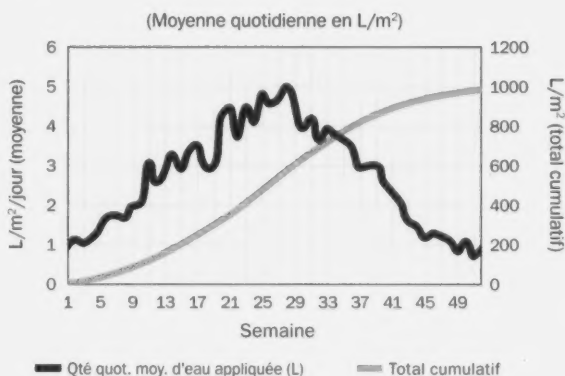
La mise en place temporaire d'une pellicule de polyéthylène transparente de 2 mil au-dessus des fils de palissage dans le but de sceller la serre au démarrage de la culture en décembre et février peut réduire les pertes d'énergie et accroître l'humidité dans la serre. Il s'agit d'enlever cet écran une fois que le taux de respiration des plants amène la libération d'un excès d'humidité dans la serre.

Pour de l'information sur l'énergie verte utilisée à la ferme, voir la page Web du MAAARO, *Trousse d'information sur l'énergie verte à l'intention des agriculteurs* ([www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/ge\\_bib/welcome.htm](http://www.omafra.gov.on.ca/french/engineer/ge_bib/welcome.htm)). On y trouve de l'information sur l'énergie verte à la ferme, notamment sur des moyens à la fois d'économiser de l'énergie et d'en produire. Pour plus d'information sur la conservation de l'énergie et l'efficacité énergétique, voir le site Web de AgEnergy Services à [www.agenergyservices.ca/](http://www.agenergyservices.ca/).

## Eau

Un approvisionnement en eau suffisant et de bonne qualité est très important pour la serriculture. On doit donc choisir un site qui offre un approvisionnement abondant en eau de qualité supérieure. Le système d'irrigation doit débiter au moins 8 L/m<sup>2</sup>/jour pour combler les besoins d'une culture à pleine maturité. Des cultures qui atteignent leur pleine maturité en serre (p. ex., les concombres) peuvent demander jusqu'à 5 L d'eau/plant/jour durant les mois ensoleillés de l'été (voir la figure 1-7, *Quantités d'eau nécessaires aux légumes de serre*).

**Figure 1-7.** Quantités d'eau nécessaires aux légumes de serre



Au CRCAI, Harrow

La plupart des exploitations productrices de légumes de serre du sud-ouest de l'Ontario utilisent l'eau des réseaux municipaux alimentés par les Grands Lacs. D'autres doivent se fier à l'eau d'un puits ou à l'eau de pluie accumulée dans des citernes ou des étangs. Se rappeler que les cultures en serre exploitées à longueur d'année requièrent plus d'eau que la quantité annuelle de précipitations recueillies du toit de la serre. Il n'est pas recommandé d'utiliser uniquement l'eau des cours d'eau, étant donné le risque élevé d'y trouver des contaminants qui pourraient nuire à la culture.

Dans la plupart des régions, l'eau du réseau municipal est de qualité adéquate avec une teneur en sels solubles inférieure à 0,750 milliSiemens par centimètre (mS/cm).<sup>1</sup> Comme l'eau venant d'un puits peut être de très mauvaise qualité et impropre à une irrigation continue, il faut obligatoirement la faire analyser.

Demander conseil à un spécialiste de la culture de légumes en serre du MAAARO.

En règle générale, la qualité de l'eau destinée à être utilisée en serre peut être divisée en trois classes (voir le tableau 1-6, *Classement de la qualité de l'eau*).

**Tableau 1-6.** Classement de la qualité de l'eau

Classe	Conductivité électrique (mS/cm) <sup>1</sup>	Sodium (ppm)	Chlorures (ppm)	Sulfates (ppm)
1	0,5	<30	<50	<100
2	0,5-1	30-60	50-100	100-200
3	1,0-1,5	60-90	100-150	200-300

<sup>1</sup> 1 mS/cm = 1 mmhos/cm ou 1 000 µS/cm = 1 000 µmhos/cm

Note 1 : Se servir de ce tableau comme guide pour évaluer la qualité de l'eau utilisée pour l'irrigation des cultures légumières de serre.

Note 2 : Pour les cultures sensibles au chlore (p. ex., les concombres), n'utiliser que de l'eau de classe 1.

Note 3 : Les teneurs en sodium et en chlorures correspondent normalement à celles qui sont indiquées dans ce tableau. Si les concentrations de sodium se situent dans la fourchette de 30-60 ppm, par exemple, il est probable que les concentrations de chlorures se situeront dans la fourchette de 50-100 ppm. Si tel n'est pas le cas, la classe de l'eau repose sur la concentration de l'ion le plus concentré.

L'eau de classe 1 convient à toutes les utilisations.

L'eau puisée dans les lacs Érié et Ontario entre le plus souvent dans cette classe.

L'eau de classe 2 convient à la culture sur substrat et sur sol, dans laquelle un lessivage est possible. Cette eau ne convient toutefois pas à la culture sur film nutritif ni aux cultures sensibles au sel soumises à des systèmes de sub-irrigation.

L'eau de classe 3 n'est pas recommandée sur des cultures sensibles au sel (comme le concombre) ni sur les cultures produites avec un volume restreint de racines ou dans des systèmes de recirculation des solutions nutritives. Une teneur en sel (mesurée par la conductivité électrique) supérieure à 1,5 mS/cm est considérée comme limite pour l'irrigation des cultures de serre. Il est parfois possible d'utiliser une telle eau, mais il arrive que les rendements en souffrent. La concentration toxique de sodium (Na<sup>+</sup>) est inférieure à celle des chlorures (Cl<sup>-</sup>). Elle peut nuire à l'absorption du potassium, du calcium et du magnésium. Certaines cultures (dont le concombre) sont sensibles aux chlorures. Dans la plupart des régions de l'Ontario,

les teneurs en sodium de l'eau des puits sont faibles, tandis que les teneurs en sulfates peuvent être relativement élevées en raison de la présence de gypse dans les aquifères. La plupart des cultures ont besoin tout au plus de 100 ppm de sulfates (33 ppm de soufre élémentaire) pour répondre à leurs besoins en soufre.

La qualité de l'eau d'irrigation est plus importante dans les cultures hydroponiques ou sans sol que dans les cultures sur sol. Il faut en tenir compte dans l'établissement d'un programme de fertilisation. Par exemple, si l'eau contient une grande quantité de calcium ou de magnésium, réduire proportionnellement les taux de nitrate de calcium et de sulfate de magnésium. Compenser la perte d'azote due à ces ajustements par une augmentation de la quantité des autres sources d'engrais azoté. Certaines réserves d'eau peuvent renfermer des concentrations élevées d'éléments comme le fer, le zinc et le manganèse.

Les opérations de fertilisation des légumes de serre doivent se faire avec une eau renfermant moins que 50 ppm de sodium et moins que 70 ppm de chlorures. Au-delà de concentrations de 100 ppm de sodium ou de 140 ppm de chlorures, trouver des sources d'eau de remplacement ou utiliser un système de purification d'eau, notamment l'osmose inverse. Les tomates peuvent être cultivées sans trop de difficulté dans une solution nutritive contenant 100 ppm de chlorures. Cependant, il est préférable de choisir une source d'approvisionnement en eau ayant une faible teneur en sodium et en chlorures.

Lorsqu'on utilise de l'eau de pluie, on en hausse la concentration généralement faible de bicarbonate en ajoutant du bicarbonate de potassium à l'eau (et non aux solutions-mères). Lorsque la concentration de bicarbonate dans l'eau est supérieure à 60 ppm, ajouter des acides nitrique et/ou phosphorique afin d'obtenir le pH voulu (5,5-5,8).

## Recyclage de la solution nutritive

Le recyclage de la solution nutritive permet au serriculteur d'utiliser de 25 à 30 % moins d'eau et de 30 à 40 % moins d'engrais pour son exploitation. La plus grande crainte soulevée par cette technique concerne la propagation de maladies par la solution en recirculation. On remédie à ce problème en se dotant d'un système de désinfection.

## Désinfection de la solution nutritive

Il existe plusieurs systèmes permettant de désinfecter les solutions nutritives (c.-à-d., d'en abaisser la teneur en phytopathogènes) soit par un procédé physique (p. ex., la filtration), soit par un procédé qui détruit les agents pathogènes (p. ex., la chaleur). Voici les facteurs à prendre en considération dans le choix d'un système :

- l'espace disponible (où installer le matériel);
- le degré recherché de désinfection de la solution nutritive (certains producteurs peuvent rechercher une désinfection complète de la solution nutritive, d'autres préféreront une solution nutritive offrant un certain degré d'activité biologique);
- la mise de fonds initiale et les coûts d'utilisation;
- la facilité d'entretien.

Une installation rudimentaire (figure 1-8, *Schéma d'un système de recyclage de la solution nutritive*) doit assurer la récupération de la solution, son acheminement vers un point de récupération central, son traitement, son stockage et enfin son mélange à de l'eau fraîche en vue de sa réutilisation sur la culture. Les réservoirs renfermant la solution nutritive peuvent être hors-terre (*planche 6*) ou sous-terre (*planche 7*).

### Filtration lente sur sable

Les filtres à sable lent sont relativement peu coûteux à installer et à faire fonctionner et sont faciles à utiliser. Même si ce sont généralement les petites exploitations qui les utilisent, ils peuvent aussi convenir aux grosses exploitations.

L'efficacité du système et sa grosseur dépendent du calibre des grains de sable utilisés et du débit d'écoulement. Plus le calibre des grains est petit, plus la filtration est efficace, mais plus elle est lente. L'augmentation de débit obtenue par des grains de

sable trop grossiers se fait au détriment de la qualité de la filtration.

Une exploitation serricole couvrant 1 hectare nécessite une aire de filtration de 25 m<sup>2</sup> si le débit est de 0,1 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup>. Si le débit est plus rapide, l'aire de filtration nécessaire est moins grande. Par exemple, un débit de 0,3 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> nécessite une aire de filtration de 8,3 m<sup>2</sup>. Un filtre mesure normalement 2,54 m de hauteur.

L'efficacité de ce système vient de ce que les bactéries adhèrent aux particules de sable et sont éliminées naturellement par la micro-flore. Un système de filtration lente sur sable nécessite un entretien périodique. Quand le débit à travers le filtre ralentit, il faut remplacer les quelques centimètres supérieurs du lit de sable par du sable frais de manière à conserver la bonne hauteur de sable.

### Système de filtration sur pierre de lave

L'installation rappelle celle de la filtration lente sur sable si ce n'est que le filtre est rempli de petite pierre de lave et soumis au barbotage de l'air dans le système (*planche 8*). L'air maintient l'agitation des pierres de lave et aère la solution. La filtration sur pierre de lave maintient l'équilibre biologique dans l'eau moyennant de faibles coûts d'entretien et de fonctionnement. Ces unités sont plus petites que les filtres à sable lent et sont à même de traiter de plus grands volumes d'eau à un rythme plus rapide. Communiquer avec le fournisseur pour de l'information sur le débit et la taille de l'appareil nécessaire pour traiter un volume précis d'eau.

### Traitement thermique

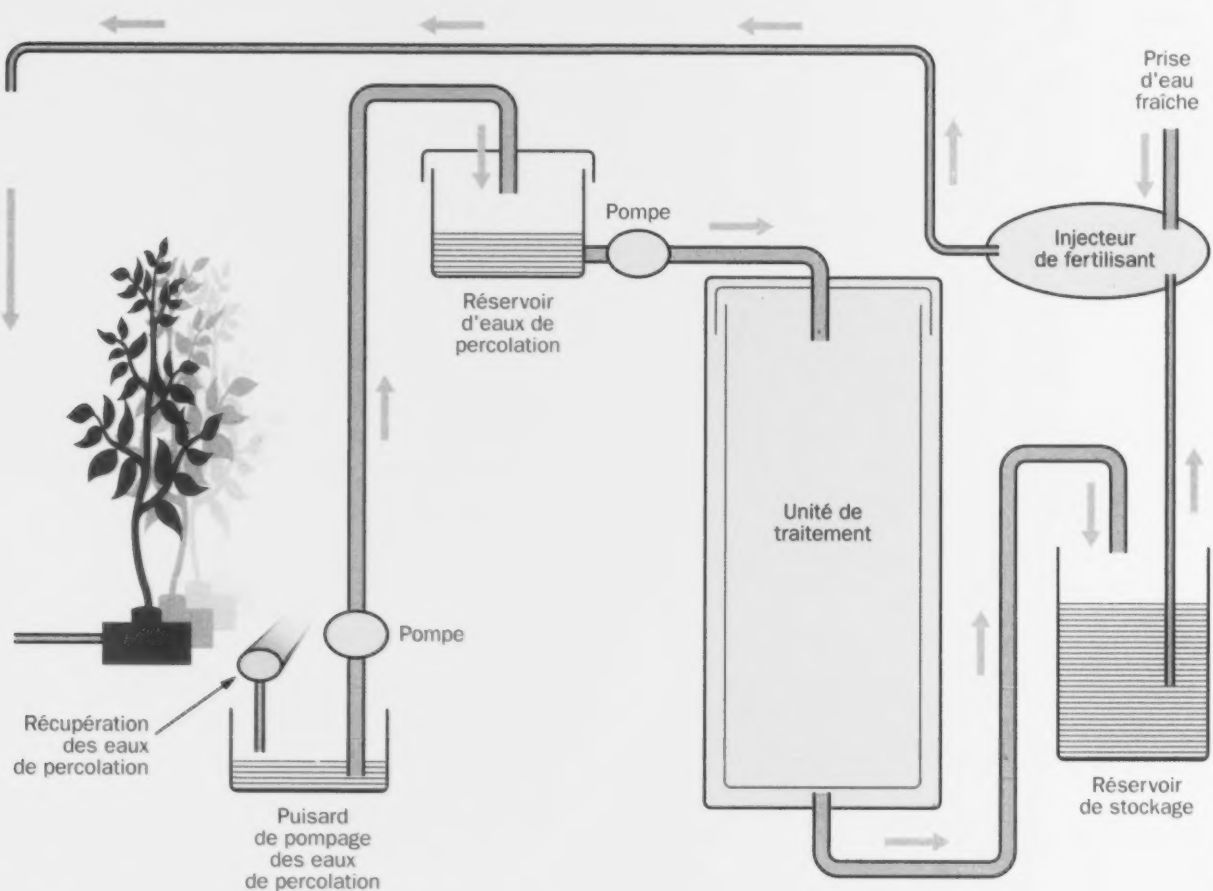
Ce système consiste à chauffer la solution nutritive et à maintenir la température à 90 °C pendant 30 secondes (ou à 85 °C pendant 3 minutes). La *planche 9* présente un exemple d'un appareil de traitement thermique destiné aux applications commerciales. La solution traitée est refroidie en servant au préchauffage de l'eau d'alimentation dans un échangeur de chaleur. Après le refroidissement, la température de l'eau traitée est de 3 à 5 °C plus élevée à la sortie qu'à l'entrée. L'excès de chaleur dans la solution nutritive peut être problématique l'été, la solution risquant

d'être trop chaude pour être utilisée sur la culture. Certaines journées d'été, il arrive que la température de la solution nutritive à la sortie de la serre puisse atteindre 25–28 °C. On mélange alors la solution avec l'eau fraîche d'un puits (<15 °C) pour la refroidir avant de l'utiliser sur une culture. Il faut abaisser le pH de la solution nutritive à 4,0 de manière à réduire au minimum le dépôt de sels dans l'échangeur de chaleur; tenir compte des éventuels éléments nutritifs qui se trouvent ajoutés avec l'acide. Un avantage de ce système est que la température et la durée d'exposition peuvent être surveillées et entrées en mémoire pour faciliter la gestion.

### Ozonation

L'ozone ( $O_3$ ), constitué de trois atomes d'oxygène, est un radical libre très instable, qui possède un pouvoir oxydant 10 fois plus grand que celui du chlore. Il est produit sur place (par le passage de l'air dans un champ électrique à haute énergie) et il nécessite de 8 à 17 kWh/kg d' $O_3$  produit (*planche 10*). Son efficacité est fonction de la dose, de la durée et du débit. Habituellement, un débit de 10 g d'ozone/heure/ $m^3$  d'eau est efficace. Un débit trop faible donne de mauvais résultats tandis qu'un débit trop élevé peut endommager les racines et la culture. L'ozone dans la solution nutritive provoque la précipitation du manganèse (Mn) et du fer (Fe) hors de la solution,

**Figure 1-8.** Schéma d'un système de recyclage de la solution nutritive



ce qui empêche ces éléments d'être assimilés par les végétaux. Les concentrations d'oligo-éléments doivent être accrues en conséquence.

### Traitement aux rayons UV

Les rayons ultraviolets sont utilisés en serriculture depuis de nombreuses années, surtout dans les systèmes de culture sur film nutritif (NFT). La solution nutritive passe au-dessus d'une ampoule à rayonnement UV de 254 nanomètres de longueur d'onde (UV-C) enfermée dans une chambre. Ce système est conçu pour faire circuler le film de solution nutritive au-dessus de l'ampoule de manière à assurer une bonne pénétration des rayons UV (*planche 11*). Ceux-ci ne pénètrent pas trop loin dans l'eau et sont facilement réfléchis ou absorbés par les solutés. Il est donc important de pré-filtrer la solution à l'aide d'un filtre au sable et d'un filtre en ligne de 100 Mesh (c.-à-d., de 100 orifices par pouce) pour éliminer les particules et débris de végétaux (réduire la turbidité).

L'utilisation normale de rayons UV provoque la formation d'un film organique et amène le fer que contient la solution nutritive à former un précipité sur l'ampoule, ce qui en réduit l'efficacité. Un lavage est nécessaire pour nettoyer la surface de l'ampoule. Les systèmes modernes possèdent un cycle de nettoyage automatique déclenché par des capteurs qui réagissent à la diminution de la production de rayons UV par l'ampoule ainsi qu'à la diminution de la transmission de ces rayons à travers la solution. L'ampoule est alors immergée dans une solution à pH faible et nettoyée à l'aide d'un dispositif de raclage. L'ampoule est rincée de manière à être débarrassée de cette solution avant le prochain traitement de la solution nutritive.

La dose de rayons UV est très importante, car elle détermine le taux d'inactivation. Il en faut 100 mJ/cm<sup>2</sup> pour détruire la plupart des champignons et 250 mJ/cm<sup>2</sup> pour une désinfection complète.



## 2. Analyses

Comme les systèmes hydroponiques ont un pouvoir tampon relativement faible, tous les éléments fertilisants ajoutés au substrat sont généralement assimilables par la culture. Les producteurs qui ont recours à des systèmes hydroponiques pour la culture de leurs légumes de serre doivent donc calculer les apports de fertilisants avec précision. Heureusement, les plants réagissent assez rapidement aux éventuelles erreurs de fertilisation. De la même façon, ils réagissent rapidement à la correction de ces erreurs.

Bien qu'il soit acceptable de faire les analyses sur place avec des trousse à échelles colorimétriques et des trousse d'analyse d'un seul élément pour vérifier plus souvent certains macro-éléments, les analyses faites en laboratoire sont plus précises et plus pratiques. Pour une liste des laboratoires qui effectuent des analyses des substrats et des solutions nutritives, voir l'annexe D, *Laboratoires d'analyse de sol en Ontario*.

### Solutions nutritives et leur analyse

L'analyse fréquente et périodique des solutions nutritives permet de déceler des tendances dans les concentrations d'éléments nutritifs avant que les problèmes ne surgissent. Dans le cas de la culture sans sol (laine de roche, fibre de coco, etc.), pour s'assurer d'une fertilisation suffisante et déterminer les corrections à apporter en fonction des conditions météorologiques et des prélèvements d'éléments nutritifs par les végétaux, analyser tous les 7-14 jours :

- la solution nutritive (solution appliquée à la culture),
- la solution qui se trouve dans la zone racinaire (solution extraite du sac) et
- les eaux de percolation (solution de lessivage récupérée du sac).

Ces analyses sont encore plus cruciales quand on pratique le recyclage de la solution nutritive. Il est également important de surveiller les variations dans les ions, comme les ions sodium et les ions chlorures qui ne sont pas nécessaires à la croissance des plants, étant donné que ces éléments nutritifs ont tendance à s'accumuler dans la solution nutritive et à ralentir la croissance des plants.

Dans le cas de la culture sur film nutritif, une analyse hebdomadaire de la solution nutritive prélevée dans le bassin fournit le même genre d'information. Les tests effectués doivent toujours faire le bilan à la fois des macro-éléments et des oligo-éléments.

### Analyses tissulaires et foliaires

Ces analyses fournissent des renseignements sur les concentrations d'éléments nutritifs dans les végétaux. Des analyses périodiques indiquent les tendances et permettent ainsi de mettre en place des mesures correctives avant que les problèmes n'apparaissent. Au moins une fois par mois, effectuer une analyse foliaire.

Voici, pour chaque culture, la feuille spécifique qui sert à l'analyse :

- tomate — la 5<sup>e</sup> feuille de la tige principale, à partir du point de croissance;
- concombre — la 3<sup>e</sup> feuille à partir du point de croissance ou, après le pincement de la tige principale, feuille d'une tige latérale dans la partie supérieure du feuillage (afin qu'elle contienne suffisamment de tissus à analyser, la feuille doit faire environ 10 cm de large) ;
- poivron — une nouvelle feuille entièrement déployée se trouvant à environ 15 cm du point de croissance;
- laitue — une feuille à maturité.

Réunir les échantillons prélevés sur plusieurs plants, les envelopper d'un essuie-tout, les glisser dans un sac de plastique scellé, puis insérer le sac dans une enveloppe brune ordinaire. Expédier l'enveloppe par la poste ou par messagerie au laboratoire.

Le tableau 2-1, *Guide des concentrations d'éléments nutritifs dans les tissus foliaires*, p. 18, précise la plage des concentrations acceptables normales pour les légumes de serre.

### Analyses de sol

Dans le cas des légumes de serre cultivés sur sol, effectuer une analyse de sol avant les plantations, afin d'établir les programmes de fertilisation pré-

plantation et post-plantation. Des analyses périodiques du sol et des tissus durant la saison de croissance sont indispensables si l'on veut veiller à ce que les cultures reçoivent une fertilisation adéquate.

Pendant la saison de croissance, une analyse du sol toutes les 2 semaines contribue à maintenir un programme de fertilisation idéal. Les échantillons de sol doivent être représentatifs du type de sol présent dans la serre. À l'aide d'une sonde, prélever

des échantillons en plusieurs points de la serre à une profondeur de 20 cm. Mélanger ces échantillons et faire parvenir le mélange au laboratoire aux fins d'analyse. Il est aussi possible d'échantillonner séparément des zones où le type de sol est différent ou des zones présentant un problème particulier, afin d'établir des programmes de fertilisation spécialement adaptés à ces zones.

**Tableau 2-1.** Guide des concentrations d'éléments nutritifs dans les tissus foliaires

Analyse	Tomate	Concombre	Polvron	Laitue
<b>Macro-éléments (%)</b>				
<b>Azote</b>	4,0-5,5	4,0-6,0	3,5-5,5	4,0-5,0
<b>Phosphore</b>	0,3-0,65	0,6-1,0	0,4	0,6-0,8
<b>Potassium</b>	3,5-5,0	3,5-4,0	5,0-5,9	7,8-13,6
<b>Calcium</b>	1,6-3,2	2,4-3,2	2,8-3,2	0,8-1,2
<b>Magnésium</b>	0,36-0,5	0,36-0,5	0,5-0,75	0,25-0,5
<b>Soufre</b>	1,3	0,3	0,5	0,3
<b>Oligo-éléments (ppm)</b>				
<b>Manganèse</b>	55-165	55-165	55	55-110
<b>Cuivre</b>	5-10	7-12	5-10	6-15
<b>Zinc</b>	30-50	40-60	30-60	30-40
<b>Bore</b>	55-75	55-75	55-75	40-50
<b>Fer</b>	85-110	85-110	112	85-110

Source : L'information présentée dans ce tableau a été colligée sur de nombreuses années par le personnel d'Agriculture et Agroalimentaire Canada et du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario (MAAARO) au Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles, Harrow, et par le personnel du MAAARO à la Station de recherche de Vineland, Vineland Station.

Le tableau 2-2, *Directives d'analyse des substrats utilisés dans les serres par la méthode des extraits boueux*, fournit les concentrations d'éléments nutritifs acceptables dans le sol et sert de guide pour la correction ultérieure du programme de fertilisation.

**Tableau 2-2.** Directives d'analyse des substrats utilisés dans les serres par la méthode des extraits boueux\*

Analyse	Basse	Acceptable	Optimale	Élevée	Très élevée
<b>Sol soluble (mS/cm)</b>	0-0,75	0,75-2,0	2,0-3,5	3,5-5,0	5,0 et plus
<b>Azone des nitrates (ppm)</b>	0-39	40-99	100-199	200-299	300 et plus
<b>Phosphore (ppm)</b>	0-2	3-5	6-10	11-18	19 et plus
<b>Potassium (ppm)</b>	0-59	60-149	150-249	250-349	350 et plus
<b>Calcium (ppm)</b>	0-79	80-199	200 et plus	—	—
<b>Magnésium (ppm)</b>	0-29	30-69	70 et plus	—	—

Source : L'information présentée dans ce tableau a été colligée sur de nombreuses années par le personnel d'Agriculture et Agroalimentaire Canada et du ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales de l'Ontario (MAAARO) au Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles, Harrow, et par le personnel du MAAARO à la Station de recherche de Vineland, Vineland Station.

\* Cette méthode consiste à créer une pâte avec un échantillon de sol et de l'eau distillée, puis à analyser la teneur en éléments nutritifs du filtrat.



### 3. Milieu de croissance

Le milieu de croissance doit répondre aux quatre besoins essentiels du plant : eau, éléments nutritifs, oxygène et support pour les racines. Ces dernières années, la plupart des producteurs de légumes de serre de l'Ontario sont passés de la culture sur sol à la culture hydroponique ou culture sans sol. De nos jours, la plupart des légumes de serre sont cultivés sur laine de roche (55 %) ou sur fibre de coco (35 %). Les 10 % restants sont cultivés avec d'autres substrats dont le film nutritif, la mousse, les billes d'argile expansée, la tourbe, la sciure et le sol. Les substrats servant à la culture hydroponique ou sans sol ne renferment normalement pas les éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plants, d'où l'obligation de les ajouter à la solution fertilisante. On parle d'irrigation fertilisante ou de fertigation pour désigner l'application simultanée d'engrais et d'eau par le système d'irrigation.

#### Culture sur laine de roche

La laine de roche est un milieu de culture artificiel, fait de roche basaltique, de coke et de calcaire. La roche basaltique est fondue dans un four, puis filée en couches successives pour former des matelas. Ces matelas, qui servent à isoler bâtiments et tuyaux, peuvent aussi faire office de substrat en horticulture. La laine de roche horticole est fabriquée selon des directives strictes qui garantissent l'obtention d'un produit homogène, d'une densité précise et ayant subi un traitement avec un agent mouillant. Le produit est coupé en dimensions normalisées, puis enveloppé et scellé dans des sacs de polyéthylène.

La laine de roche horticole :

- est stérile (exempte d'agents pathogènes, de graines de mauvaises herbes, etc.);
- a une faible capacité d'échange cationique ou est inerte et par conséquent n'interagit pas avec la solution nutritive;
- a une grande capacité de rétention d'eau;
- a habituellement un pH initial élevé;

- est légère et facile à manipuler;
- permet d'abréger l'intervalle entre les cultures.

La laine de roche est un substrat qui se draine librement. De ce fait, il est important de soigner la disposition du système de culture à l'intérieur de la serre, de manière à garantir un arrosage uniforme de tous les plants. Si la disposition est mauvaise (si la pente du plancher de la serre n'est pas uniforme, par exemple), certains sacs risquent de rester soit trop mouillés, ce qui nuit à la croissance et donne une culture qui manque d'uniformité, soit trop secs, ce qui risque de compromettre la croissance et la fructification.

Voici les éléments fondamentaux de tout système de culture sur laine de roche :

- une membrane isolante créant une barrière entre la surface du sol et le milieu ambiant;
- un réseau de rigoles surélevées (intégrant un système d'irrigation et de récupération des eaux de percolation);
- des matelas de laine de roche placés sur les rigoles.

Si le système repose directement au sol, prévoir également :

- une membrane isolante créant une barrière entre la surface du sol et le milieu ambiant;
- une lisière de styromousse à des fins isolantes (placée au-dessus ou en dessous de la membrane isolante);
- des matelas de laine de roche placés au-dessus de la lisière de styromousse et de la membrane;
- un système d'irrigation goutte-à-goutte;
- un système de collecte des eaux de percolation.

La laine de roche vient en matelas, en blocs, en micro-mottes et en granulés. Les granulés sont utilisés tels quels ou ajoutés à la tourbe dans la culture en sacs de tourbe pour former un mélange laine et tourbe. La culture en sacs de granulés n'est pas aussi pratiquée que la culture sur matelas de laine de roche.

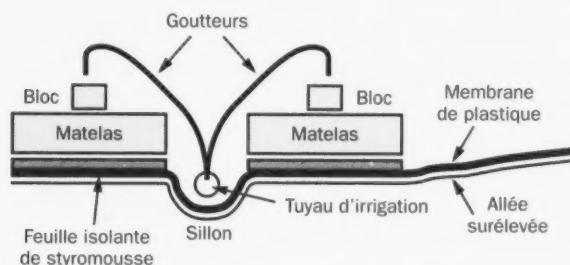
Dans la culture sur matelas de laine de roche, les semis se font dans des micro-mottes de laine de roche. Après la germination, les plants sont repiqués dans des

blocs de laine de roche. Une fois que les plants ont atteint la taille et le stade voulus, on les transplante dans les matelas de laine de roche qui se trouvent dans la serre de culture. Cette étape peut prendre jusqu'à 6-8 semaines pour les tomates, 3-4 semaines pour les concombres et 7-9 semaines pour les poivrons. Cette période est plus longue en hiver qu'en été. La culture sur laine de roche peut se faire dans le cadre d'un système ouvert ou d'un système fermé.

### Système ouvert

Dans un système ouvert, les eaux de percolation ne sont pas réutilisées. On profile le sol de la serre de manière à ce qu'il y ait un sillon entre les rangs, à ce que l'allée soit légèrement surélevée et à ce que le sol où reposent les matelas soit de niveau ou légèrement incliné en direction du sillon (selon une pente inférieure à 0,5 %). Le sillon fait office de drain pour recueillir les eaux de percolation. On recouvre normalement le sol profilé d'une membrane et l'on installe le système d'irrigation goutte-à-goutte dans le sillon pour des raisons pratiques. Voir l'illustration d'un système de base à la figure 3-1, *Schéma d'un système ouvert de culture sur laine de roche*.

**Figure 3-1.** Schéma d'un système ouvert de culture sur laine de roche

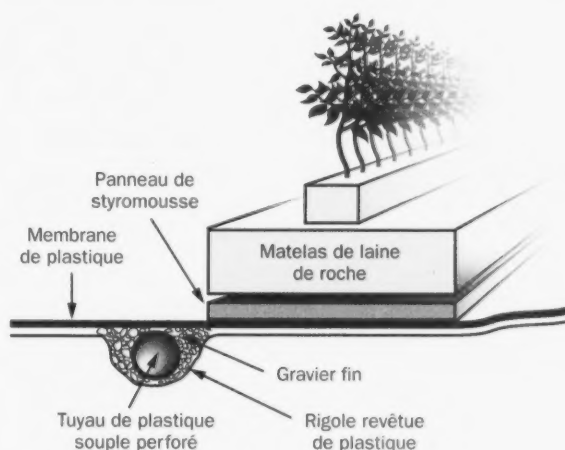


### Système fermé

Dans un système fermé, les eaux de percolation sont recueillies, traitées et réutilisées pour irriguer la culture, ce qui accroît l'efficacité de l'utilisation de l'eau et des fertilisants (voir sous *Recyclage de la solution nutritive*, p. 14). La disposition de base est semblable à celle du système ouvert, si ce n'est que le sillon de drainage a une pente de 0,5 % en direction d'une des extrémités de la serre (figure 3-2, *Schéma d'un système fermé de culture sur laine de roche*). On étend une membrane de plastique au fond du sillon, on y dépose un tuyau de drainage perforé, on remblaie avec du gravier fin et propre jusqu'au niveau du sol, puis on recouvre le sol d'une membrane de plastique (*planche 7*).

Le diamètre du tuyau de drainage perforé est fonction de la grosseur du sillon. Dans la plupart des cas, un tuyau d'un diamètre de 5 cm suffit à recueillir et à évacuer rapidement les eaux de percolation. On dépose les matelas de laine de roche à côté du sillon. Vis-à-vis chaque trou de drainage pratiqué dans le matelas, on entaille la membrane de plastique qui recouvre le sol afin que les eaux de percolation puissent gagner le tuyau de drainage perforé sous-jacent.

**Figure 3-2.** Schéma d'un système fermé de culture sur laine de roche



Le tuyau de drainage perforé est raccordé à un tuyau d'égout de 10 cm qui se déverse dans un bassin collecteur, où les eaux de percolation sont emmagasinées et traitées avant d'être réutilisées pour irriguer la culture.

Il existe de nombreux autres moyens de récupérer les eaux de percolation, dont :

- des manchons en plastique souple avec des pattes de fixation destinées à garder les matelas de laine de roche hors des eaux de percolation;
- du styromousse moulé de manière à retenir le matelas et pourvu d'un sillon plus profond qui évacue les eaux de percolation;
- des rigoles d'aluminium préformées à fond profilé de manière à canaliser les eaux de percolation;
- des rigoles de plastique préformées à fond profilé de manière à permettre la récupération des eaux de percolation.

Les producteurs ont de plus en plus tendance à utiliser le système en « V ». Dans ce système, qui permet d'aligner deux fois plus de plants sur une même rangée, les plants sont palissés sur les cordons inclinés alternativement de part et d'autre du rang de manière à former un « V ». Ce système exige moins de laine de roche, mais oblige à avoir un système d'irrigation capable de débiter 150–200 mL/m<sup>2</sup>/cycle toutes les 15 minutes.

Dans les deux systèmes de culture sur laine de roche, une fois les matelas placés dans la serre, on marque l'emplacement des plants et on perce un trou carré dans la gaine de plastique. La grosseur du bloc de laine de roche utilisé détermine la grosseur du trou. On laisse la laine de roche intacte; on ne coupe que le sac de plastique de manière à exposer le matelas de laine de roche. Avant la transplantation dans les matelas de laine de roche, il faut bien humecter les sacs avec une solution nutritive complète. Il ne reste plus qu'à placer un goutteur dans chaque trou et à commencer l'irrigation.

### Système de rigoles surélevées

Le système de rigoles surélevées (*planche 13*) est utilisé dans la plupart des nouvelles serres. De nombreuses serres moins récentes s'y convertissent. Dans ce système, les matelas de laine de roche sont placés dans des rigoles préformées qui sont surélevées à 80–120 cm du sol grâce soit à des supports, soit à des chaînes accrochées à la structure de la serre lorsqu'elle peut supporter cette charge. Les rigoles intègrent un système d'irrigation et de récupération des eaux de percolation.

Le système de rigoles surélevées permet d'insérer une culture intercalaire qu'on sème vers la fin du cycle de la culture déjà en place. La dernière récolte de la vieille culture coïncide avec la première de la nouvelle.

### Avantages

- Vitesse d'installation accrue au moment de la construction étant donné qu'on n'a pas à profiler le sol pour créer des sillons destinés à récupérer les eaux de percolation.
- Plus grande facilité d'installation des conduites utilisées pour le chauffage ou comme réseau de rails et plus grande facilité d'entretien de la serre du fait que le sol est plat.
- Allègement de la tâche :
  - posture plus droite du travailleur;
  - plus grande facilité d'installation des sacs de substrat;
  - plus grande aisance pour mettre en place les plants;
  - travail d'enlèvement des feuilles qui se fait à une hauteur plus pratique;
  - facilité et vitesse de récolte accrues.
- Lutte plus efficace contre les ennemis des cultures :
  - plus grande facilité à surveiller les infections à la base des plants et dans la partie basse des tiges et du feuillage;
  - circulation d'air accrue, d'où l'amélioration du microclimat autour du plant et la réduction au minimum de l'incidence des maladies;
  - plus grande facilité à déceler et à réparer les goutteurs défectueux (obstructions ou fuites);
  - plus grande facilité d'introduction de mesures de lutte biologique à la base des plants.
- Facilitation de la régie de l'eau dans le milieu de croissance du fait :
  - des matelas qui sont de niveau et qui assurent ainsi une humectation et un drainage uniformes;
  - de l'arrosage qui est plus uniforme, étant donné que tous les goutteurs sont placés de la même façon et que les problèmes, comme les fuites, sont facilement décelés et corrigés;
  - de la facilité à récupérer la solution nutritive pour la faire recirculer.
- Plus grande facilité de nettoyage durant la saison de croissance (résidus de culture) et de retrait de la culture en fin de saison.

### Inconvénients

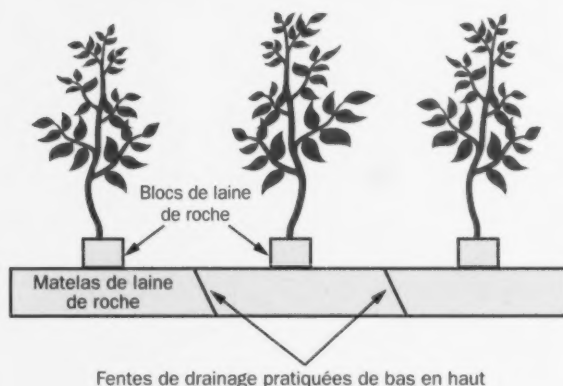
- Coût élevé des rigoles.
- Structure de la serre qui doit être conçue pour supporter le poids des rigoles et des cultures.
- Prolifération possible d'algues dans le canal de drainage.
- Moins grande facilité de passer d'une culture à l'autre.

### Régie de l'eau

Même s'ils se drainent librement, les matelas de laine de roche peuvent devenir gorgés d'eau si l'on met en place des cycles d'irrigation courts et fréquents ou si les trous de drainage ne sont pas suffisamment gros pour laisser l'eau se drainer librement. Le drainage est particulièrement important dans les premiers stades de croissance et sous un faible rayonnement lumineux. Poser les sacs de niveau, les espacer uniformément et veiller à ce que les trous de drainage soient découpés correctement, qu'ils soient suffisamment gros et qu'ils soient disposés de façon à garantir un drainage optimal.

Une fois les sacs placés dans la serre, ils sont saturés d'une solution nutritive complète (voir les chapitres 5-9 pour connaître la composition des solutions propres à chaque culture). Il faut que chaque sac soit complètement saturé si l'on veut activer l'agent mouillant et faire en sorte que le matelas entier constitue un milieu propice à l'enracinement. Après la plantation, réaliser des fentes de drainage en incisant de bas en haut l'enveloppe du matelas (voir la figure 3-3, *Fentes de drainage dans les matelas de laine de roche servant à la culture de la tomate*, p. 22). Cette opération se fait habituellement dans les 24-48 heures qui suivent la plantation. Arroser les plants pendant ½ heure, puis n'arroser à nouveau que durant les jours ensoleillés des 2-3 jours qui suivent. On s'assure ainsi de la pénétration rapide des racines dans le matelas et on laisse la chance au matelas de s'assécher. Appliquer la quantité d'eau indiquée aux chapitres 5-9. Attention : Un arrosage trop abondant risque de stimuler à outrance la croissance végétative et, du coup, de rendre les plants plus sensibles aux maladies.

**Figure 3-3.** Fentes de drainage dans les matelas de laine de roche servant à la culture de la tomate



**ATTENTION : La laine de roche doit être plus ou moins sèche selon les caractéristiques des matelas achetés. Suivre les recommandations du fabricant.**

Par la suite, on arrose au besoin en décidant de la quantité d'eau en fonction des facteurs suivants :

- stade de croissance des plants;
- lumière;
- températures dans la serre et dans les matelas;
- humidité relative ou déficit de tension de vapeur dans la serre;
- importance de la circulation d'air.

En général, on utilise 100 mL de solution nutritive/cycle. Par contre, ce volume peut varier selon :

- le type de laine de roche;
- le stade de croissance des plants;
- la période de l'année;
- la conductivité électrique (CÉ), qui constitue une mesure de la concentration totale de sels dissous ou d'ions dans la solution; et
- le pourcentage de drainage.

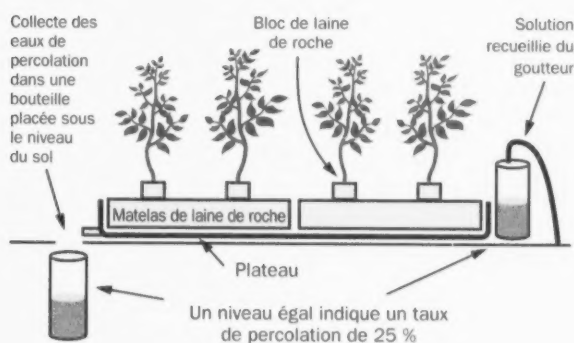
Pour décider des arrosages, on surveille la CÉ dans le matelas et on détermine le pourcentage de percolation. On attache une aiguille hypodermique de gros calibre à une seringue de 50 cc pour extraire la solution nutritive du matelas. On mesure la CÉ à l'aide d'un conductivimètre traditionnel ou de poche (pour de l'information sur les niveaux de CÉ optimaux selon les cultures, voir les chapitres 5-9).

On surveille aussi le pourcentage de percolation. Pour ce faire, on place 1 ou 2 matelas dans un plateau muni d'un drain et on mesure la quantité d'eau recueillie pendant 24 heures. Prendre cette mesure au même moment chaque jour, habituellement avant le premier arrosage, afin de pouvoir ajuster l'arrosage et obtenir ainsi un milieu favorable aux racines. Il existe aussi sur le marché des appareils qui mesurent automatiquement le taux de percolation.

Le taux de percolation recommandé est généralement de 20–30 %.

Le moyen le plus simple pour mesurer manuellement le taux de percolation consiste à recueillir dans un contenant gradué de 4 L la solution débitée par un seul goutteur et de recueillir dans un contenant identique les eaux de percolation provenant de quatre plants. Un niveau égal de liquide dans les deux contenants indique que le taux de percolation est de 25 % (voir la figure 3-4, *Mesure du taux de percolation*). (On peut aussi recueillir la solution débitée par deux goutteurs, auquel cas, il faut recueillir les eaux de percolation provenant de huit plants.)

**Figure 3-4.** Mesure du taux de percolation



Consigner quotidiennement les volumes des eaux de percolation et d'eau d'arrosage ainsi que le taux de conductivité électrique (CÉ) et le pH de l'eau d'irrigation et du matelas. Ces données aident à déterminer la stratégie d'irrigation à suivre. Une CÉ à la hausse indique que l'arrosage n'a pas été suffisant

compte tenu des conditions qui régnaient dans la serre au cours de la journée. Inversement, une CÉ à la baisse indique que les plants ont reçu trop d'eau.

Il n'est habituellement pas recommandé d'arroser la nuit. Commencer les cycles d'irrigation 1–2 heures après le lever du jour et les faire se terminer 1–2 heures avant le coucher du soleil. Après le premier cycle d'irrigation, soumettre les matelas à une mesure du taux de percolation. Si l'on recueille des eaux de percolation après le 1<sup>er</sup> cycle, les matelas sont trop mouillés. Il est alors conseillé de retarder l'heure de démarrage de l'irrigation ou de cesser l'irrigation plus tôt. S'il n'y a pas d'eaux de percolation après le 3<sup>e</sup> cycle, les sacs sont trop secs. Il faut alors poursuivre l'irrigation plus tard en soirée ou la commencer plus tôt le matin.

Un programme d'irrigation qui n'est pas établi convenablement risque d'entraîner une baisse de production et une hausse de l'incidence des maladies.

Si les matelas sont trop mouillés, s'attendre à :

- une mauvaise aération des matelas,
- un ralentissement de la croissance végétative,
- un mauvais enracinement,
- une plus grande vulnérabilité aux maladies des racines.

Si les matelas sont trop mouillés, s'attendre à :

- des poils absorbants endommagés,
- une CÉ élevée,
- des problèmes d'absorption et de diffusion du calcium (nécrose apicale chez la tomate et le poivron, brûlure ou enroulement des jeunes feuilles de concombre),
- une croissance ardue, des plants plus grêles,
- des feuilles foncées, plus petites et épaisses.

Pour enclencher et commander les cycles d'irrigation, utiliser une minuterie, un plateau de démarrage, l'intensité du rayonnement lumineux, un appareil de mesure de la teneur en eau ou une balance ou encore une combinaison de ces méthodes.

On peut évaluer la teneur en eau du matelas de laine de roche, sa CÉ et sa température au moyen d'appareils vendus dans le commerce. Ces appareils sont portatifs et peuvent prendre des mesures à partir de plusieurs



matelas à n'importe quelle heure du jour ou de la nuit. Les modèles plus récents sont installés à demeure et assurent la transmission des données enregistrées à un ordinateur qui modifie en conséquence le calendrier d'irrigation.

### Calendrier de fertilisation

En règle générale, à leur première utilisation, les matelas de laine de roche ont tendance à avoir un pH élevé. Pour compenser, il s'agit d'appliquer une solution nutritive ayant un pH de 5,0–5,5. Il faut habituellement un certain temps avant que le matelas de laine de roche ne reste au pH souhaité de 5,8. Comme la laine de roche est un matériau inerte, il faut toujours appliquer une solution nutritive complète. Se reporter aux chapitres 5–9 pour connaître les calendriers de fertilisation suggérés selon la culture.

### Stérilisation des matelas

Bien que les matelas de laine de roche puissent servir à maintes reprises, s'assurer de les stériliser entre chaque culture. Entre 24 et 36 heures avant la fin d'une culture, diminuer l'arrosage et donner le temps aux plants d'assécher les matelas. Une fois les matelas asséchés et les plants enlevés, retirer la gaine de plastique et empiler les matelas sur des palettes (*planche 14*). Laisser suffisamment d'espace entre les matelas pour permettre à la vapeur de pénétrer. Ne pas empiler les matelas sur plus de 1 m de haut, sous peine d'endommager ceux qui se trouvent à la base. Couvrir la pile de matelas d'un plastique et laisser la vapeur pénétrer (*planche 15*). Chauffer à 90 °C pendant 30 minutes en prenant la température dans le milieu de la pile pour s'assurer que les matelas sont bien désinfectés. Pour éviter d'avoir à vérifier la température dans la pile, il est conseillé de faire l'exercice la nuit. Les matelas sont prêts à servir à nouveau une fois refroidis, engainés, scellés et placés dans la serre.

### Fibre de coco ou mélange fibre de coco-tourbe

La fibre de coco (ou *coir*) est un substrat relativement nouveau en Ontario. Il a gagné en popularité ces dernières années en raison de son prix concurrentiel et de sa facilité d'élimination à la fin de la saison de

croissance. Il s'agit d'un substrat organique constitué de résidus de l'industrie de la fibre de coco. Les longues fibres provenant de l'enveloppe fibreuse du coco sont retirées et les matières résiduelles sont passées à travers un tamis et classées. Elles sont ensuite façonnées en boulettes de diamètres variés. Le substrat qu'on obtient possède une grande capacité de rétention d'eau, une porosité élevée, une capacité d'échange cationique de moyenne à élevée, un pH de 5,6–6,5 et une densité apparente de 82 kg/m<sup>3</sup>. Une fois traité pour le débarrasser du surplus de sels, le substrat est asséché, comprimé en briques et emballé dans des sacs de polyéthylène avant son expédition.

La fibre de coco s'utilise de la même façon que la laine de roche, sauf que :

- les sacs doivent être mis à tremper dans une solution nutritive ayant une teneur en calcium d'environ 10 % plus élevée et une teneur en potassium d'environ 10 % plus faible que celle dont on se sert pour l'irrigation fertilisante de la laine de roche;
- avant de recevoir les plants, la fibre de coco doit être entièrement saturée afin que les fibres puissent retrouver leur aspect naturel;
- certains fournisseurs vendent la fibre de coco dans des sacs précoupés; veiller à leur saturation complète;
- la régie de l'eau peut varier selon les caractéristiques de la fibre de coco.

La capacité de rétention d'eau et la disponibilité de l'eau dépendent de la taille et de l'uniformité des particules dans les briques de fibre de coco. Dans certains cas, les briques peuvent favoriser la fructification parce qu'elles réclament des arrosages fréquents, ce qui constitue un avantage quand les niveaux de luminosité sont faibles. Dans d'autres cas, les briques peuvent favoriser la croissance végétative, ce qui oblige à apporter des ajustements aux apports d'eau pour éviter les arrosages excessifs. Cette variabilité s'observe d'une marque à l'autre, mais aussi, dans certains cas, d'une brique à l'autre.

La fibre de coco se réhydrate facilement et se draine rapidement, ce qui facilite la conduite de la culture. À la fin du cycle de culture, la fibre de coco peut être compostée.

### Système de culture sur film nutritif

Le système de culture sur film nutritif consiste à faire circuler continuellement sur les racines un mince filet ou film de solution nutritive. Il s'agit d'un véritable système hydroponique, puisque les racines nues baignent dans une solution nutritive recyclée dans un système fermé. Cette technique permet de réaliser des économies d'engrais et d'eau et est plus écologique.

Les éléments de base du système sont les suivants : le bassin collecteur et les réservoirs et pompes qui l'alimentent, les rigoles et le réseau de retour de la solution. La solution nutritive est pompée du bassin collecteur jusqu'à la tête des rigoles, s'écoule par gravité dans les rigoles jusqu'au tuyau de retour qui l'amène au bassin collecteur. Les rigoles ont une pente de 1-2 % pour faciliter l'écoulement de la solution nutritive.

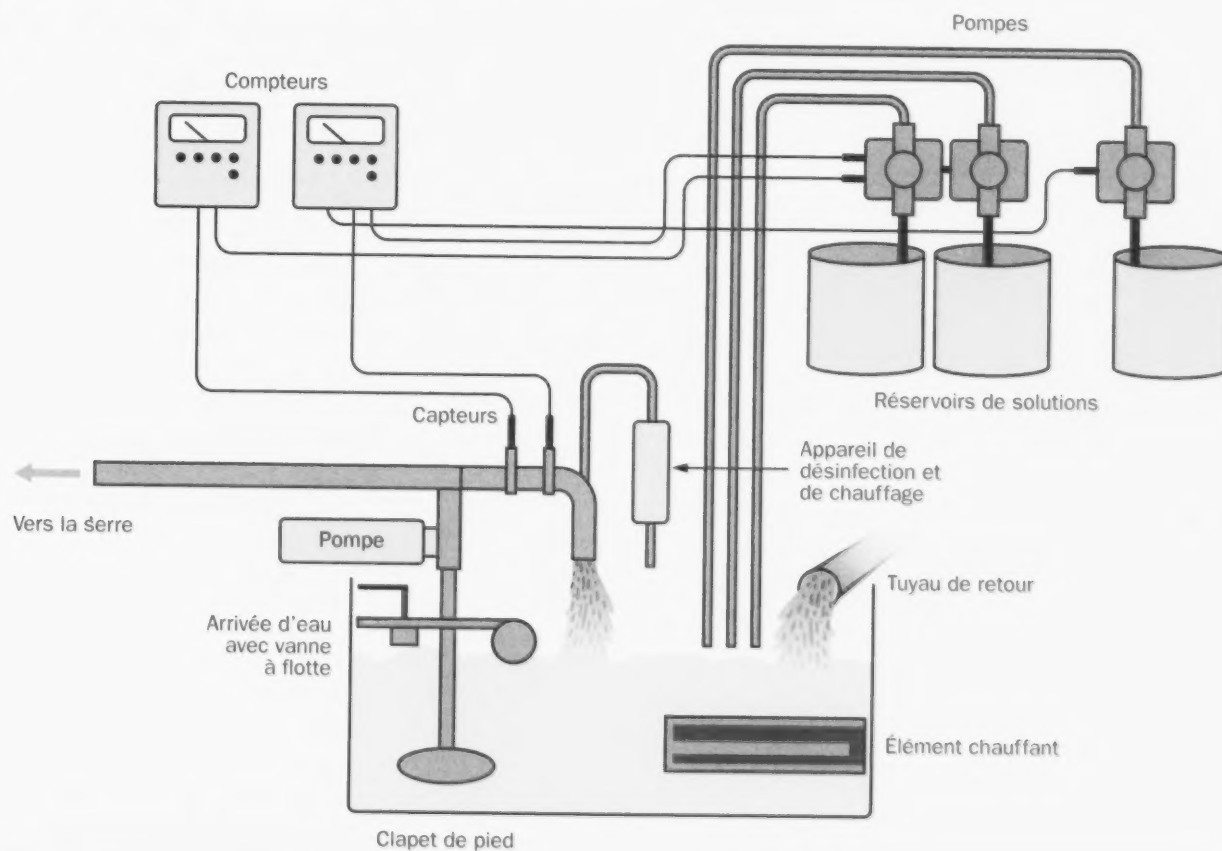
### Bassin collecteur

Dans un système de culture sur film nutritif, le bassin collecteur est placé sous terre pour que la solution nutritive y revienne par gravité (figure 3-5, *Schéma d'un système de culture sur film nutritif*). Le bassin collecteur peut être fait :

- de blocs de béton,
- de béton coulé,
- de morceaux de béton cimentés enfouis dans le sol, avec un plancher en ciment,
- de réservoirs de plastique rigide enfouis dans le sol ou insérés dans des cavités en béton,
- d'une fosse aux parois en bois revêtues d'une toile de piscine.

Si du béton est utilisé, le protéger de la solution nutritive en l'enduisant d'une peinture à base de caoutchouc, non phytotoxique.

**Figure 3-5.** Schéma d'un système de culture sur film nutritif



Le bassin collecteur a habituellement une capacité nominale de 5 500 L/0,5 ha, ce qui représente un volume d'eau dans le bassin de 4 000–4 500 L. Les systèmes de culture sur film nutritif traditionnels sont conçus pour que la solution nutritive qui circule dans la serre représente à peu près de 13 500–13 750 L/0,5 ha de superficie. Il faut prévoir un moyen d'entreposer cette eau en cas de panne électrique. Le bassin collecteur est muni d'une arrivée d'eau fraîche automatique, qui assure l'alimentation du bassin en eau fraîche aussitôt que l'eau du bassin s'abaisse sous un certain niveau.

### Système de pompage

Le système de pompage doit pouvoir débiter un grand volume d'eau (au moins 2 L/min/goutteur) à basse pression, être fiable et équipé de turbines ou de composantes en acier inoxydable ou en plastique. Habituellement, les systèmes sont conçus pour répondre aux besoins d'une station de pompage de 5 HP/acre (0,4 ha). Il faut alors aussi installer une pompe de secours de capacité équivalente, équipée d'un capteur qui en assure la mise en marche automatique.

Un système plus économique consiste à installer trois pompes de 2 HP chacune, à les monter en parallèle et à les faire fonctionner ensemble. Si l'une des pompes tombe en panne, les deux autres parviennent à faire circuler suffisamment de solution pour réduire au minimum les répercussions sur la culture pendant la réparation.

Par mesure de précaution, garder un moteur de secours. Étant donné que toute panne d'électricité peut ruiner la culture, l'installation doit être équipée d'un groupe électrogène de secours capable de fournir suffisamment d'électricité pour faire fonctionner les pompes et autres appareils indispensables à l'exploitation (p. ex., appareils de chauffage, ventilateurs et ordinateurs).

Il y a un avantage supplémentaire au fait d'utiliser trois pompes de 2 HP chacune montées en parallèle : la capacité de pompage supplémentaire permet d'augmenter le taux d'écoulement de la solution de 2 L/min/rigole, au besoin. De plus, la capacité supplémentaire peut être utilisée pour faire fonctionner

les systèmes de chauffage et de pasteurisation, oxygéner la solution nutritive et amener la solution nutritive au système de surveillance en ligne. De plus, cette solution rend superflue l'installation d'une pompe supplémentaire pour ces opérations.

### Régulateurs de pH et de CÉ

Le pH et la CÉ de la solution sont continuellement surveillés par des capteurs en ligne. Dès que la lecture s'écarte de la valeur de réglage fixée par l'exploitant, les régulateurs de pH et de CÉ déclenchent automatiquement les pompes doseuses qui permettent l'injection, au besoin, de solutions-mères et d'acide (figure 3–5, *Schéma d'un système de culture sur film nutritif*). Les régulateurs sont dotés d'un interrupteur qui prévient le surdosage. Il s'agit là d'un dispositif de sécurité important, compte tenu qu'en quantité excessive, les solutions-mères et l'acide peuvent endommager la culture. Par mesure de sécurité, installer un second jeu de régulateurs de pH et de CÉ pour vérifier les lectures des régulateurs principaux. Un système informatisé d'injection d'engrais peut aussi être utilisé pour surveiller et ajuster la solution nutritive. Un tel système a l'avantage :

- de surveiller plusieurs bassins collecteurs à partir d'un seul appareil;
- de maintenir l'intégrité des solutions nutritives dans chaque système de culture sur film nutritif;
- d'assurer le maintien dans chaque système de différents calendriers de fertilisation (p. ex., adaptés au stade de la culture).

### Commande de la température

La température optimale de la solution varie entre 18 et 21 °C. Habituellement, la température de la solution est fonction de celle de l'air : la température de la solution nutritive augmente à mesure que l'air se réchauffe au cours de la journée. De même, quand la température de l'air s'abaisse la nuit, la solution nutritive se refroidit également. Une source de chauffage d'appoint est donc nécessaire pour maintenir constante la température de la solution, surtout quand il y a ajout d'eau fraîche. Des serpentins de réchauffage en acier inoxydable sont placés dans le bassin collecteur ou, dans la plupart des cas, dans un petit réservoir auxiliaire alimenté par la pompe principale. La solution

nutritive décrit ainsi une boucle du bassin collecteur, vers le réservoir auxiliaire où elle est chauffée pour retomber ensuite dans le bassin collecteur.

Au fur et à mesure que la température de la solution nutritive augmente, la quantité d'oxygène dissous dans la solution nutritive diminue. Ce phénomène peut être problématique l'été, surtout au démarrage d'une culture d'automne. Comme au début, les jeunes plants n'apportent pas d'ombrage suffisant, le rayonnement solaire chauffe la solution nutritive. Des températures aussi élevées que 30 °C sont fréquentes. On utilise alors l'eau d'un puits pour refroidir la solution nutritive.

### Désinfection

Une boucle de désinfection ajoutée au système de culture sur film nutritif siphonne 25 % de la solution nutritive pour la désinfecter partiellement. La désinfection complète est déconseillée car la stérilité amène la prolifération rapide de la flore microbienne. Par contre, une désinfection partielle réduit la population de microbes dans la solution sans l'éliminer, ce qui assure un équilibre entre les populations de microorganismes utiles et nuisibles dans la solution.

La plupart des producteurs installent un système de désinfection à ultraviolet (UV) qui permet à 25 % de la solution nutritive de passer devant des lampes ultraviolettes avant de retourner au bassin. On peut aussi désinfecter la solution nutritive par un traitement à l'ozone. Mais pour être efficace et ne pas nuire aux cultures, ce type de traitement requiert des systèmes spécialisés et adaptés. Quant à la filtration lente sur sable, bien que cette technique soit valable, elle n'est pas couramment utilisée dans la culture sur film nutritif, car il faudrait de très gros systèmes pour offrir le volume et la vitesse d'écoulement nécessaires à un traitement efficace de la solution nutritive.

### Aération

Il faut aérer la solution nutritive pour assurer l'apport d'oxygène aux racines. Une hauteur de chute suffisante entre le tuyau de retour et le niveau de solution dans le bassin collecteur assure une bonne agitation et favorise l'oxygénation de la solution. Une boucle d'aération

avec venturi améliore aussi l'oxygénation en forçant l'entrée d'air dans la solution nutritive. L'injection d'oxygène dans la solution nutritive est une autre façon de maintenir des niveaux suffisants d'oxygène.

### Réseau d'alimentation et de retour de la solution nutritive

Le réseau d'alimentation de la solution nutritive doit être conçu de manière à garantir l'uniformité d'alimentation des rigoles (2 L/min/rigole) (figure 3-6, *Schéma du réseau d'alimentation et de retour de la solution nutritive*). Le tuyau d'alimentation principal de 75 mm provenant de la station de pompage débite la solution nutritive à un tuyau secondaire de 37,5–50 mm. Le tuyau secondaire débite la solution à un tuyau tertiaire de 19–25 mm installé à chaque zone, à partir duquel un tuyau flexible de 4 mm de long débite au moins 2 L de solution nutritive/min/rigole. Une installation bien conçue nécessitera peu ou pas de correction entre les zones pour assurer l'uniformité d'alimentation. Toutes les composantes du réseau sont en PVC. On évite ainsi les risques de phytotoxicité associés à la libération d'ions zinc consécutive à la corrosion découlant du contact de tuyaux galvanisés avec la solution nutritive.

Les dispositifs de prise d'eau des pompes se trouvent habituellement près du fond du bassin collecteur et sont pourvus d'un filtre-panier et d'un clapet antiretour unidirectionnel, ce qui évite d'avoir à amorcer les pompes quand le groupe électrogène rétablit le courant après une panne électrique.

Le tuyau de retour est enfoui dans le sol. Il s'agit d'un tuyau d'égout de 10 cm qui est durable, bon marché et facile à installer. Des trous pratiqués dans le tuyau ou aux jonctions en « T » faites à chaque zone de retour de rigole permettent à la solution de s'écouler de la rigole dans le tuyau de retour. La solution s'écoule par gravité jusqu'au bassin collecteur. Une pente de 0,5 % suffit habituellement. Il doit y avoir une hauteur de chute suffisante entre le tuyau de retour et la surface de la solution nutritive pour que la solution de retour se mélange bien au contenu du bassin collecteur. L'agitation accrue aère la solution et l'aide à fournir aux racines la quantité d'oxygène dont elles ont besoin. Des déflecteurs placés à l'extrémité du tuyau de retour

peuvent aussi augmenter l'agitation et améliorer l'aération. Un filtre grossier (p. ex. un bas de nylon placé à l'ouverture) piège les racines ou autres débris qui pourraient obstruer les turbines de la pompe.

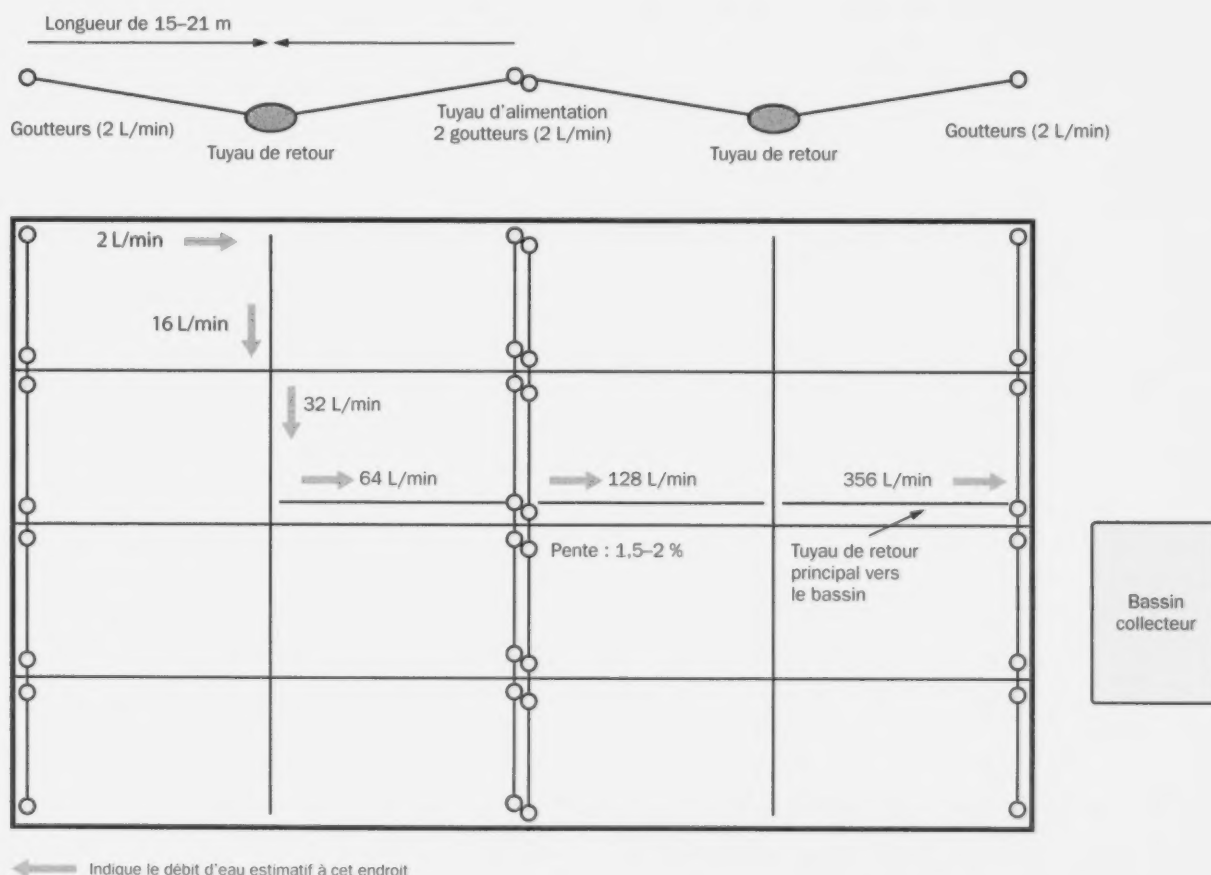
### Rigoles

Il existe bien des types de rigoles. Elles vont des rigoles d'aluminium avec couvercles de plastique, aux rigoles de plastique rigide préformées munies de volets, en passant par les tubes de polyéthylène de 6 mil d'épaisseur, blancs d'un côté et noirs de l'autre. Dans tous les cas, les rigoles servent à fournir un canal qui permet à la solution nutritive de s'écouler et aux racines de pousser. L'installation de tubes de polyéthylène de 6 mil étendus sur des lisières de styromousse de 4 cm d'épais sur 20 cm de large

demeure la solution la moins coûteuse. Un sillon large et peu profond courant le long de la lisière de styromousse amène la solution nutritive vers le milieu de la rigole. Ce détail est particulièrement important dans les premiers stades de croissance si l'on tient à ce que tous les plants reçoivent de la solution nutritive. Cependant, un canal trop profond amène une mauvaise aération, ce qui diminue son efficacité du fait de la réduction du taux d'oxygène offert aux racines, et favorise les maladies et le dépérissement des racines.

Idéalement, la rigole devrait avoir une pente de 1,5–2 %, être longue de 15 m et large de 30 cm à la base. Une longueur de rigole supérieure à 21 m oblige à modifier la pente et le taux d'écoulement.

**Figure 3-6.** Schéma du réseau d'alimentation et de retour de la solution nutritive





### Phytotoxicité

Toutes les composantes du système de culture sur film nutritif doivent être non phytotoxiques. Les composantes de métal (tuyaux galvanisés et de cuivre) sont à proscrire à cause de la corrosion du métal et de la libération d'oligo-éléments, comme le zinc ou le cuivre, qui s'accumulent et atteignent des niveaux toxiques. Les composantes de plastique des conduites d'irrigation ainsi que les rigoles doivent être non phytotoxiques. Les composantes faites de certains plastiques flexibles sont très toxiques pour les plantes.

### Culture sur sol

De moins en moins d'horticulteurs pratiquent la culture sur sol, quoique certaines serres de plus petite envergure situées dans des régions éloignées continuent de produire ainsi de bonnes récoltes de légumes de serre. L'irrigation goutte-à-goutte ou au moyen de tuyaux perforés est fréquemment utilisée dans les serres où se pratique la culture sur sol.

### Type de sol

Pour atteindre une productivité maximale, il faut un sol bien aéré, bien drainé, riche en éléments nutritifs et en matière organique, et exempt d'agents pathogènes. Les sols les plus susceptibles de convenir sont les loams, les loams sableux et certains loams limoneux. D'autres types de sols peuvent être employés, quoiqu'ils requièrent une gestion adaptée et obligent à engager des coûts accrus pour atteindre une productivité maximale. Par exemple, pour réussir la production hivernale hâtive dans une argile lourde, il faut installer des drains agricoles, enrichir le sol en matière organique avant la saison de culture pour permettre aux particules de sol de former des agrégats, et faire une bonne gestion de l'eau et des éléments nutritifs. Des sols sableux ayant une faible capacité de rétention d'eau requièrent des arrosages fréquents (avec fertilisation), ce qui augmente les risques de contamination de la nappe d'eau souterraine. On peut remédier à ce problème en installant un système qui récupère et recycle les eaux de percolation.

### Drainage

L'idéal, pour la production de légumes de serre, est de pouvoir compter sur un sol bien drainé. Un réseau de drains agricoles dans les planches au sol assure l'évacuation des eaux de percolation. On peut se faire aider au niveau de la conception du système de drainage en communiquant avec un fournisseur local de drains agricoles. Il est habituellement conseillé d'installer des drains de 10 cm de diamètre, de les enfouir à 35 cm de profondeur, de les espacer de 45–60 cm les uns des autres et de leur ménager une pente de 10 cm sur 150 m.

### Lessivage du sol

Avant la plantation, on doit irriguer le sol pour qu'il donne son plein rendement. La quantité d'eau requise varie selon le type de sol et sa teneur en eau. En général, il faut 20–50 L d'eau/m<sup>2</sup>. Le lessivage (100 L/m<sup>2</sup>) peut être indiqué dans certains sols, surtout ceux qui ont été pasteurisés à la vapeur, afin d'abaisser les concentrations élevées d'ammonium et de manganèse qu'ils renferment.

### Pasteurisation du sol

La plupart des sols renferment des agents pathogènes (bactéries et champignons) ainsi que des graines de mauvaises herbes et des insectes. On les élimine en pasteurisant le sol. Pour faciliter une pénétration uniforme et rapide de la vapeur ou du fumigant, le sol doit être bien meuble. Les grosses mottes et les résidus de culture mal décomposés (tiges et racines) peuvent nuire à la pénétration.

Sous des conditions idéales, la plupart des organismes, sauf les virus, sont détruits par une élévation de la température à 60 °C pendant 30 minutes (tableau 3–1, *Rapport temps-température nécessaire pour détruire les organismes nuisibles*). Par contre, si l'on chauffe le sol à plus de 82 °C, on éliminera aussi les organismes utiles, ce qui rendra le sol stérile et donc plus vulnérable encore qu'auparavant aux infections.

Voici d'autres effets secondaires indésirables :

- libération d'ammoniac excessive;
- toxicité du manganèse;
- destruction de la matière organique;
- teneur totale en sels plus élevée.

**Tableau 3-1.** Rapport temps-température nécessaire pour détruire les organismes nuisibles

	Temps (min)	Température (°C)
<b>Mauvaises herbes (la plupart)</b>	15	70–80
<b>Insectes + acariens</b>	20	60–71
<b>Bactéries (la plupart)</b>	10	60
<b>Fusarium</b>	30	57
<b>Botrytis</b>	15	55
<b>Nématodes</b>	15	55
<b>Rhizoctonia</b>	30	50
<b>Sclerotinia</b>	5	50
<b>Pythium</b>	40	46

Source : W.R. Jarvis. « *Managing Diseases in Greenhouse Crops* », APS Press, 1992.

On peut pasteuriser les sols des serres en injectant de la vapeur dans les drains agricoles. Pour une pasteurisation plus efficace, il est bon de recouvrir la surface du sol d'une membrane de plastique qui emprisonne la vapeur dans le sol. Si l'état des drains agricoles empêche de recourir à cette méthode, on peut injecter la vapeur directement sous une bâche en plastique spécialement conçue pour cet usage. On enfouit les bords de la bâche jusqu'à 10–12 cm de profondeur afin que la vapeur, injectée à une pression de 41–48 kPa (6–7 psi), ne puisse s'échapper. Il faut absolument surveiller la température du sol pour veiller à ce que celle-ci permette une bonne pasteurisation sans surchauffer le sol. Toujours lessiver le sol après une pasteurisation à la vapeur.

On peut aussi employer des fumigants chimiques, bien que le choix soit restreint. Suivre le mode d'emploi indiqué sur l'étiquette pour connaître la dose, la durée du traitement et la période nécessaire à la ventilation afin que ces produits soient utilisés en toute sécurité et soient pleinement efficaces.

### Matière organique

Une teneur élevée en matière organique donne un sol bien aéré qui possède une structure stable et une meilleure capacité de rétention d'eau. Une tourbe

grossière dans une proportion allant jusqu'à 500 m<sup>3</sup>/ha peut être incorporée aux nouveaux sols pour en améliorer les caractéristiques. Comme la tourbe est acide (pH de 4,0), elle abaisse le pH du sol. Utile dans les sols alcalins, la tourbe oblige, dans les sols acides, à corriger le pH par l'ajout de chaux (5 kg de calcaire/m<sup>3</sup> de tourbe).

Dans les serres, la matière organique se décompose assez rapidement. Aussi faut-il chaque année enrichir le sol de matière organique à raison de 100 m<sup>3</sup> de tourbe/hectare. On doit incorporer la tourbe et la chaux au sol avant les principales opérations de travail du sol. On peut incorporer du fumier composté pour enrichir le sol de matière organique, mais l'on s'expose alors à une contamination du sol par des mauvaises herbes et des herbicides qui peut entraîner de lourdes pertes.

### Maîtrise du pH

Bien que les légumes de serre viennent relativement bien dans des sols correspondant à une fourchette assez étendue de pH (5,5–7,5), on vise généralement un pH de 6,0–6,5 dans les sols minéraux et de 5,0–5,5 dans les sols organiques. Pour augmenter le pH du sol, utiliser du calcaire calcitique broyé, à raison de 3 tonnes/ha pour chaque tranche d'augmentation du pH souhaitée de 0,5, cette dose étant valable dans la plupart des sols légers. On peut aussi utiliser du calcaire dolomitique, si la teneur du sol en magnésium est faible.

Si le pH du sol est élevé, on peut l'abaisser par un apport de matière organique, notamment de tourbe. On peut aussi abaisser le pH du sol en y ajoutant du soufre élémentaire (soufre en fleur) à raison de 50–100 kg/ha pour chaque tranche de diminution du pH souhaitée de 0,5–1,0. On peut aussi, plusieurs semaines avant les semis, amender le sol avec du soufre ordinaire qu'on incorpore dans les 15–30 premiers cm de sol. S'attendre à une réaction chimique lente si le sol est froid. La quantité de soufre varie d'un sol à l'autre selon le pouvoir tampon (capacité d'échange) et le pH initial du sol.

Le pH du sol revêt une plus grande importance dans la zone racinaire que dans les allées. Il est facile de rectifier le pH dans le voisinage immédiat des racines en irriguant la culture au goutte-à-goutte avec une

solution nutritive complète au pH ramené à 5,5 grâce à de l'acide phosphorique ou de l'acide nitrique. Une telle solution garde les conduites et les goutteurs propres, en plus d'abaisser le pH dans la zone racinaire et de stimuler du même coup la croissance.

### **Irrigation goutte-à-goutte**

Ce système :

- permet de régler les apports d'eau et d'engrais;
- réduit le taux d'humidité dans la serre;
- permet d'utiliser un film de polyéthylène blanc comme paillis réfléchissant la lumière; et
- garde le produit propre.

Le système d'irrigation goutte-à-goutte est conçu pour acheminer la solution nutritive à chaque plant, à raison de 2 L/h/plant, grâce à une série de tuyaux qui débouchent sur des goutteurs. Une solution nutritive renfermant tous les engrais nécessaires est appliquée 3–4 fois par jour pour répondre aux besoins du plant en éléments nutritifs et en eau. Le type et la quantité d'engrais ainsi que le volume d'eau sont fonction du type de culture, du stade de croissance, de l'époque de l'année, du rayonnement lumineux, de la température dans la serre et de la capacité de rétention d'eau du sol.

Pour déterminer le début et la durée du cycle d'irrigation, évaluer tous les jours les conditions du milieu de culture en prélevant un échantillon à 10 cm du plant et à 10–15 cm sous le niveau du sol. Les mesures du pH et de la CÉ de cet échantillon sont aussi utiles pour déterminer les concentrations d'éléments nutritifs dans le sol. Pour mesurer le pH et la CÉ, mélanger d'abord l'échantillon de sol à de l'eau du robinet (1 partie de sol pour 2 parties d'eau). Les valeurs recherchées se situent dans la fourchette de 5,5–6,5 pour le pH et de 0,9–1,2 mS/cm pour la CÉ. L'information que procurent ces tests rapides aide à déterminer la quantité d'engrais et d'eau dont les plants ont besoin.

Une analyse de sol faite en laboratoire à partir d'un échantillon composite représentatif du sol qu'on retrouve en plusieurs points de la serre facilite l'établissement du calendrier de fertilisation. Au démarrage de la culture, il est bon de faire analyser le sol chaque semaine. L'analyse peut par la suite être faite aux 2–3 semaines, sauf si des problèmes se présentent, auquel cas une fréquence plus grande s'impose.



## 4. Production des plants

Un bon départ est indispensable à l'obtention d'une culture uniforme qui donne un rendement élevé et un produit de bonne qualité. Un mauvais démarrage se traduit invariablement par un produit fini décevant, des coûts de main-d'œuvre accrus pour qu'on obtienne une bonne récolte, et des profits plus minces. Voici les trois points critiques à surveiller dans la production de plants (y compris par greffage) :

1. semence;
2. semis et germination;
3. culture des plants jusqu'au produit fini.

### Semence

Utiliser de la semence de la plus haute qualité, afin de garantir un bon démarrage. La plupart des semences offertes aux producteurs de légumes de serre ont été nettoyées, ont subi un traitement et été soumises à des tests de germination ou de viabilité. Cette information figure normalement sur l'emballage ou est fournie par le grainetier. Des laboratoires de certification de la semence effectuent les tests de germination suivant des protocoles stricts et normalisés. « Germination » s'entend de la sortie de la radicule hors du tégument séminal. Le plus souvent, le taux de germination se situe dans la fourchette de 75–90 % pour les tomates, à 95 % pour les concombres, dans la fourchette de 85–95 % pour les poivrons et à 95 % pour la laitue. Il faut donc rajuster en conséquence la quantité de semence commandée.

Pour le serriculteur ou le producteur de plants, le taux de levée est plus significatif encore que le taux de germination. Il s'agit du rapport du nombre de plantules ayant levé du substrat au nombre de graines semées. La levée est influencée par bien des facteurs, dont :

- la vigueur de la semence;
- la profondeur de semis;
- le taux d'humidité du substrat;
- l'aération du substrat;
- la température du substrat.

L'écart entre le taux de germination et le taux de levée peut aller jusqu'à 10–20 %.

La vitesse de germination varie énormément, certaines graines germant très rapidement, tandis que d'autres mettent plus de temps à germer. Selon la vitesse de germination, on peut grouper les semences en trois catégories (voir le tableau 4–1, *Catégories de semences selon la vitesse de germination*). Le pourcentage de semences dans chaque catégorie varie selon l'espèce, le cultivar et la qualité de la semence, et fluctue d'une année à l'autre.

**Tableau 4–1.** Catégories de semences selon la vitesse de germination

Catégorie I	Catégorie II	Catégorie III
Graines levant 2–3 jours après le semis	Graines levant 3–4 jours plus tard que les graines de catégorie I	Graines levant 3–4 jours plus tard que les graines de catégorie II; graines aux cotylédons tordus, aux pousses enfouies, etc.

Les plants issus des graines appartenant aux catégories I et II sont en fait ceux qui lèvent et les seuls qu'on devrait transplanter. Pour obtenir un nombre convenable de plants, il faut semer au moins 25 % plus de graines que nécessaire. Cette précaution permet d'avoir en réserve un certain nombre de plants de bonne qualité pour pallier d'éventuelles pertes causées, entre autres, par la manutention. Pour des directives sur les quantités à prévoir, consulter le tableau 4–2, *Quantités de semences à prévoir*.



**Tableau 4-2.** Quantités de semences à prévoir

	N <sup>o</sup> de plants nécessaires	N <sup>o</sup> de graines commandées
<b>Tomate</b>	10 000	12 000-13 000
<b>Concombre</b>	6 500	7 500*
<b>Poivron</b>	10 000	12 000-13 000
<b>Laitue</b>	1 000	1 100-1 200

\* Les semences de concombres offrent en général des taux de germination et de levée plus élevés.

## Semis et germination

Les semis constituent une étape simple mais cruciale de la production des plants. L'idéal est de compter sur un milieu de croissance qui offre un bon drainage, une bonne capacité de rétention d'eau et une bonne aération, comme c'est le cas des micro-mottes de laine de roche ou de mousse Oasis. Ces micro-mottes viennent en différents formats, dans des plateaux de styromousse ou des caissettes de plastique qu'on prend soin de bien désinfecter avant chaque utilisation si on les réutilise.

Déposer les graines sur la surface alvéolée ou dans le trou de la micro-motte et recouvrir d'une vermiculite de granulation moyenne. Une profondeur d'enfouissement constante est indispensable pour s'assurer de l'uniformité de la levée et de la croissance des plantules. La semence enfouie trop profondément dans le substrat peut mettre 2-3 jours de plus à lever et risque de donner une plantule qui manque de vigueur et est plus lente à produire des feuilles vraies. À l'opposé, quand on laisse la semence en surface, on l'expose à l'assèchement ou on compromet les chances de la racine de bien s'ancrer, ce qui peut provoquer la verse du plant.

Avant les semis, laisser le temps au substrat de bien absorber soit de l'eau claire, soit une solution nutritive complète diluée (ayant une conductivité électrique [CÉ] de 1,0-1,5 mS/cm) à 20-25 °C. Une fois les graines semées, arroser délicatement le substrat de manière à humecter la vermiculite. Placer de

préférence les caissettes ou plateaux dans une chambre de germination ou sur des tables avec une source de chaleur sous les caissettes ou la source de chaleur sous la table. Couvrir les caissettes qui ont été placées sur les tables d'une pellicule de polyéthylène clair de 2 mil pour prévenir l'assèchement (*planche 16*). Afin de garantir une levée uniforme et rapide, maintenir la température du substrat à la température idéale indiquée dans le tableau 4-3, *Températures de germination*.

**Tableau 4-3.** Températures de germination

Culture	Température du milieu de croissance (°C)
<b>Tomate</b>	25
<b>Concombre</b>	27
<b>Laitue</b>	16-18
<b>Poivron</b>	26

Une fois que 60-75 % des graines ont levé, retirer les caissettes ou plateaux de la chambre de germination ou enlever la pellicule de polyéthylène. On procède normalement à cette opération 60-96 heures après les semis, selon la culture et le cultivar utilisé (voir le tableau 4-4, *Temps de germination approximatif*). Si l'on procède à cette étape trop précocement, la levée des graines de catégories II et III sera retardée. Par contre, si l'on attend trop, les plantules déjà levées issues des graines de catégorie I risquent de s'étioiler. Passé le point où une majorité de plants (plus de 80 %) ont levé, abaisser graduellement la température de l'air à 19-20 °C pour les tomates, à 21 °C pour les concombres, et à 20 °C pour les poivrons. Dans la plupart des cas, une baisse de 1 °C/jour est idéale. Régler les températures en fonction de l'intensité lumineuse (chapitre 1, p. 3), afin d'obtenir les plants au moment souhaité. Un écart trop important entre les températures diurnes et nocturnes donne des plants étiolés.

**Tableau 4-4.** Temps de germination approximatif

Culture	Temps de germination (en heures)
<b>Tomate</b>	
Bonne germination	72
Germination médiocre	96
<b>Poivron</b>	72-96
<b>Concombre</b>	48-60
<b>Laitue</b>	72

Une fois que les feuilles vraies sont apparues, arroser les caissettes avec une solution nutritive complète, en commençant par une CÉ de 1,0 mS/cm et en haussant graduellement la CÉ jusqu'à environ 3,0 mS/cm avant le repiquage. Un arrosage trop abondant nuit à l'aération du substrat et par voie de conséquence à la croissance des racines. Une humidité excessive (surtout si elle est appliquée par brumisation) fait aussi baisser la température dans la zone racinaire, ce qui retarde la croissance et augmente la variabilité d'un plant à l'autre. Si le substrat est trop sec, la croissance est plus lente, les feuilles sont plus petites et la CÉ du substrat augmente. Les plants plus faibles risquent de ne pas survivre ou, s'ils survivent, d'être plus vulnérables aux maladies.

Repiquer les plantules dans des blocs de laine de roche une fois qu'elles ont atteint la taille souhaitée. Un séjour trop long dans les caissettes (plus de 21 jours dans le cas des tomates et des poivrons et plus de 10 jours dans le cas des concombres) entraîne le surpeuplement, à son tour responsable de l'étiollement et de l'affaiblissement des plants.

L'enrichissement en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et le recours à l'éclairage au sodium à haute pression améliorent la croissance et favorisent l'enracinement. Voici les principes à garder à l'esprit :

- Sous de bonnes conditions de lumière, enrichir l'atmosphère en CO<sub>2</sub> jusqu'à concurrence de 1000 ppm. Comme les jeunes plants sont extrêmement sensibles, il est indispensable d'utiliser une source de CO<sub>2</sub> qui soit propre, du CO<sub>2</sub> sous forme liquide, par exemple.

- Une source d'éclairage d'appoint de 40 watts/m<sup>2</sup> provenant de lampes au sodium à haute pression améliore la croissance des plantules. Adopter une photopériode de 18 heures pour la culture de la tomate, du poivron et de la laitue, et une photopériode de 24 heures pour celle du concombre.

### Culture des plants

Les plantules sont prêtes à être repiquées lorsque les premières feuilles vraies sont entièrement déployées et/ou lorsque les plants se touchent.

Après les semis, le repiquage se fait en moyenne à : 14-21 jours pour les tomates; 7-10 jours pour les concombres; et 14-21 jours pour les poivrons.

Toutefois, ce moment varie selon :

- le cultivar;
- la vigueur du jeune plant;
- la lumière;
- la température;
- la nutrition;
- l'humidité.

On cherche à obtenir un jeune plant court et robuste qui possède une tige épaisse, des feuilles vert foncé et un système racinaire bien développé qui remplit toute la micro-motte. Avant de déloger les micro-mottes, faire tremper les plateaux dans une solution nutritive, afin de permettre aux micro-mottes de glisser facilement hors des alvéoles. Manipuler les plantules avec soin. La tige peut être très cassante ou molle et facile à endommager. Pour déloger les plantules des alvéoles, utiliser un éjecteur. Tenir les plantules par les cotylédons.

Avant d'y repiquer les plantules, bien imbiber les blocs de laine de roche d'une solution nutritive complète (CÉ de 2,0 mS/cm; pH de 5,8) en immergeant les blocs dans une cuve remplie d'une solution nutritive complète ou en les arrosant au moyen du système d'irrigation par aspersion. Il est important que les blocs soient mouillés complètement et uniformément, afin d'assurer le bon établissement des plantules. Des blocs secs empêchent les racines de se développer et de croître, ce qui augmente la variabilité d'un plant à l'autre.

Déposer les micro-mottes dans les trous pratiqués dans les blocs. Une pratique courante pour les tomates, et de plus en plus utilisée pour les poivrons consiste à plier la base de la tige dans le trou et à enfoncer la micro-motte de manière à remplir le trou. Les racines se développent le long de la tige à l'intérieur du trou et fournissent un ancrage au plant. Les cotylédons se trouvent alors plus près de la surface du bloc. Pour recourir à cette technique, qui donne des plants plus robustes, il faut que les plantules soient molles et se prêtent aux manipulations.

Placer les plants repiqués dans des plateaux (4–8 blocs/caissette standard) et déposer les plateaux sur des tables dont le fond est chauffé ou directement sur un plancher de béton chauffant. On peut aussi placer les plants repiqués, à raison de 24–36 plants/m<sup>2</sup>, directement sur des tables à marée (système *ebb and flood*) posées au sol (planche 17). Les plants repiqués sont prêts à être transplantés directement dans le matelas de laine de roche, le sac de substrat ou les rigoles du système de culture sur film nutritif, dans la zone de production principale aux stades suivants :

- tomate — premières fleurs;
- concombre — 4–5 feuilles vraies sont visibles;
- poivron — épanouissement de la fleur au niveau de la première ramification.

**NOTA : Il faut que les racines soient bien développées dans le bloc sans toutefois être trop denses, afin qu'elles puissent pénétrer rapidement dans le substrat une fois que les plants sont placés dans la serre de production.**

Au besoin, tuteurer les plants à l'aide de fines tiges de bambou de 20–30 cm de long. Le tuteurage contribue à l'obtention de plants plus gros, donc plus faciles à manipuler, et permet d'attendre plus longtemps avant d'avoir à attacher les plants après la transplantation.

On peut aussi déplacer les nouveaux plants directement dans les serres de production. On place alors les blocs sur le matelas de laine de roche à côté

des trous, avec les goutteurs dans le bloc. Utiliser le système d'irrigation pour arroser les blocs. Cette méthode réduit les coûts de main-d'œuvre, mais engendre des coûts de chauffage plus élevés du fait de la nécessité de chauffer toute la serre.

Après la transplantation, maintenir la température de la serre à 23–25 °C, jour et nuit, pendant 3–4 jours, puis abaisser graduellement la température (pour connaître les régimes de température propres à chaque culture, voir les chapitres 5–9). Dans une serre de démarrage, un éclairage d'appoint fournissant 40 watts/m<sup>2</sup> et une concentration de CO<sub>2</sub> de 1000 ppm permettent d'augmenter la vitesse d'enracinement et de croissance des pousses, ce qui favorise une formation plus rapide des boutons à fleurs. Adopter une photopériode de 18 heures pour les poivrons et les tomates et de 24 heures pour les concombres. Comme il ne serait pas rentable de le faire, on ne recourt pas à l'éclairage d'appoint pour les plants qu'on place directement dans la serre de production principale. Cependant, l'enrichissement en CO<sub>2</sub> leur est profitable à raison de 1000 ppm les jours ensoleillés et de 400–500 ppm les jours gris.

Arroser les plants avec une solution nutritive complète en commençant par une faible CÉ (2 mS/cm) et en augmentant graduellement la CÉ de 0,25 mS/cm/jour, jusqu'à 3 mS/cm, soit l'équivalent de la CÉ des solutions réservées aux plantules levées. Afin de maintenir une croissance maîtrisée, accroître encore davantage la CÉ des solutions si :

- la vitesse de croissance des plants est trop rapide;
- la lumière disponible est faible;
- la température dans la serre est basse;
- l'humidité relative (HR) est élevée;
- l'humidité dans le bloc est élevée.

### Quand arroser

Arroser au moment opportun en veillant à ce que les feuilles ne restent pas mouillées pendant de longues périodes; éviter par conséquent d'effectuer les arrosages vers la fin de la journée. Utiliser un système d'arrosage par aspersion ou un système de sub-irrigation.

Recourir à la méthode de pesée décrite ci-dessous pour savoir quand arroser :

1. Peser plusieurs blocs contenant des plants au moment où ils sont saturés d'eau de manière à obtenir une donnée de référence.
2. Surveiller quotidiennement le poids de plusieurs blocs.
3. Commencer à arroser lorsque le poids moyen des blocs correspond à 50 % de leur poids lorsqu'ils sont saturés. Dans le cas d'un bloc de 10 x 10 x 7,5 cm. Cela signifie qu'il faut arroser quand le poids tombe à environ 300–350 g.
4. À chaque arrosage, s'assurer de bien saturer à nouveau les blocs.

Les plants placés directement dans la serre de production ont besoin d'arrosages plus fréquents, car la faible humidité relative dans la serre soumet les plants à des pertes d'eau se produisant par les surfaces du bloc et par la transpiration. Il arrive qu'il faille arroser la nuit par temps froid si l'humidité dans la serre est faible.

## Greffage

De nos jours, de plus en plus de producteurs serricoles pratiquent le greffage de cultivars retenus sur des porte-greffes possédant des systèmes racinaires plus forts. Les plants de tomates et d'aubergine sont beaucoup plus souvent greffés que ceux de concombres et de poivrons.

Le greffage sert à :

- pallier la faible résistance ou tolérance aux maladies des cultivars qu'on souhaite produire;
- améliorer la vigueur et le rendement des plants dans les serres sous des conditions de climat et de zone racinaire plus variées.

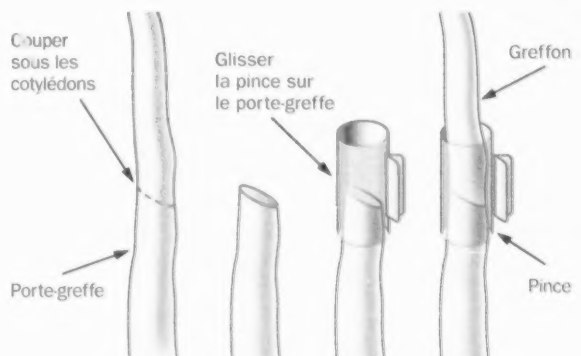
Le cultivar retenu (le greffon) est fixé au porte-greffe choisi en fonction de la robustesse de son système racinaire et de sa plus grande résistance aux maladies. Les cultivars de tomate les plus souvent utilisés comme porte-greffes en Ontario sont les cultivars Beaufort, Maxifort et Emperador. Plusieurs nouvelles lignées

utilisées comme porte-greffe sont actuellement en cours d'évaluation par les fournisseurs de semences.

Voici une marche à suivre qui augmente les chances de réussite du greffage :

- Semer le cultivar devant servir de porte-greffe 4–10 jours avant le cultivar retenu. Le délai entre les deux semis dépend du porte-greffe utilisé (consulter un spécialiste de la serriculture du MAAARO ou un grainetier pour plus de détails).
- Une fois que les feuilles vraies commencent à apparaître (environ 14–15 jours après les semis), abaisser la température pendant 2–3 jours pour renforcer les tiges (*planche 18*).
- Réserver pour le greffage un endroit précis qui peut être isolé. Stériliser toutes les surfaces. Limiter le plus possible la circulation des travailleurs dans cette zone, afin de réduire les risques de contamination.
- À l'aide d'une lame de rasoir acérée, couper le porte-greffe selon un angle de 45 degrés sous les cotylédons (*planche 19*).
- Glisser la pince sur le porte-greffe (*planche 20*).
- Couper le cultivar retenu également à 45 degrés, mais au-dessus des cotylédons cette fois, en prenant soin que le greffon ait à peu près le même diamètre que le porte-greffe, et l'insérer dans la pince fixée au porte-greffe (*planche 21*). Veillez à ce que les deux faces coupées soient parfaitement en contact; le succès de l'opération en dépend (*planches 22 et 23*) (*figure 4-1, Schéma illustrant la méthode de greffage en tête à la japonaise*).

**Figure 4-1.** Schéma illustrant la méthode de greffage en tête à la japonaise



**NOTA : Pratiquer cette technique en milieu aseptique. Veiller à maintenir en tout temps la stérilité de l'aire de travail et du matériel utilisé. Ne pas retarder le greffage une fois l'opération commencée, car les pertes d'eau des surfaces coupées retarderaient la soudure du porte-greffe et du greffon.**

- Placer les plants greffés dans une chambre ou sous une bâche formant une tente dans la serre, afin de créer un milieu où la lumière, la température et l'humidité sont réglées de manière à limiter au minimum les pertes d'eau chez les plantules greffées et à favoriser la soudure rapide du porte-greffe et du greffon.

- Après 3–4 jours, et au cours des 3–4 jours qui suivent, acclimater graduellement les plantules greffées aux conditions ambiantes.
- Repiquer les plantules dans des blocs 10–12 jours après le greffage.
- Recourir ensuite aux techniques normales de culture et, une fois que les plants repiqués auront atteint la hauteur et le stade de développement voulus, les transplanter dans la zone de production.

Comme les plants greffés ont tendance à être vigoureux, il faut encourager la phase de fructification (voir le chapitre 1, p. 1), à défaut de quoi, les premiers boutons risquent de donner des fleurs difformes, des fruits petits ou dont la qualité laisse à désirer ou, pire, des fleurs avortées.



## 5. Tomate

La tomate est le produit frais le plus cultivé dans les serres de l'Ontario. Depuis le début des années 1990, presque toutes les tomates produites sont du type Beefsteak, une tomate rouge de gros calibre. La taille optimale du fruit est de 200–250 g (28–34 unités/boîte de 6,8 kg). Du milieu des années 1970 jusque vers la fin des années 1980, la tomate rose était largement cultivée. Cette tomate était destinée à un marché particulier et offrait une résistance à la fusariose des racines et du collet, une maladie qui affligeait l'industrie serricole ontarienne dans les années 1970. La demande des consommateurs, ainsi que le transfert de la résistance aux maladies aux cultivars de tomates rouges ont contribué à accélérer la substitution de la tomate rose, devenue rare sinon absente dans les serres de l'Ontario, par la tomate Beefsteak.

L'évolution des préférences des consommateurs a amené une augmentation de la culture des tomates en grappes (tomates sur vigne). Il s'agit d'une tomate de calibre légèrement inférieur à celui de la tomate Beefsteak, qu'on cueille et commercialise avec la grappe. Il y a aussi des tomates de spécialité, comme les types Roma, cocktail, cerise, jaune et orange, qu'on destine à des créneaux particuliers et qui sont de plus en plus en demande.

Dans les serres, il se fait habituellement deux cultures de tomates par année : l'une qu'on part au cours de la dernière semaine de décembre et qui donne une récolte commençant entre le milieu et la fin de mars et se terminant en juillet; la seconde qu'on part en août et qui donne une récolte automnale s'étendant d'octobre à novembre ou décembre. La culture intercalaire se pratique de plus en plus; elle vise à réduire les temps morts (voir *Système de rigoles surélevées*, p. 21). La tomate peut aussi être cultivée dans un système à une seule culture qui dure toute la saison. On sème alors à la mi-décembre et l'on récolte à partir du milieu ou de la fin du mois de mars jusqu'en septembre ou octobre. Ce système à une culture est plus courant dans la région de Leamington, tandis que le système à deux cultures prédomine dans le reste de la province.

Les exploitants déterminent les dates de départ et de fin de la culture en fonction à la fois de la demande des consommateurs et de la lumière disponible.

La tendance à faire les semis tôt est de plus en plus marquée au fur et à mesure que la conception des serres et les systèmes de régulation du climat s'améliorent, d'autant plus que les prix offerts pour les primeurs restent élevés. Il est possible de produire des tomates commercialisables durant les mois d'hiver — novembre, décembre, janvier et février — en tirant parti de la lumière artificielle, mais pour que ce type de culture soit rentable, il faut avoir investi un capital important, compter sur des tarifs d'électricité avantageux et sur un marché offrant des prix intéressants.

Assurer un bon démarrage à la culture est indispensable à la réussite de la culture de la tomate. Des plants sains offrant une croissance équilibrée durant les mois d'hiver peuvent donner une excellente production de fruits de haute qualité. Il appartient au producteur de trouver un juste équilibre entre les phases végétative et de fructification. Une phase végétative trop marquée se caractérise par un feuillage trop abondant, une floraison retardée, une piètre fructification et des fruits de plus petit calibre, une récolte retardée et une plus grande vulnérabilité aux maladies. Une phase de fructification trop marquée se caractérise par une forte charge fruitière, des feuilles plus petites, un point végétatif plus faible. Il en résulte une mauvaise fructification, celle-ci étant retardée jusqu'à ce que l'on réduise la charge fruitière, et un moins bon rendement dans l'ensemble.

### Cultivars

Peu de cultivars de tomate de type Beefsteak se prêtent à la culture en serre en Ontario. La demande de tomates rouges de gros calibre et de haute qualité a pour effet de restreindre le choix. Voici certaines caractéristiques auxquelles s'attarder :

- le rendement,
- le calibre du fruit,

- la formation du fruit,
- la résistance au fendillement,
- la longueur du calice,
- la fermeté du fruit,
- la saveur,
- l'habitude de croissance du plant.

Les serriculteurs ontariens devraient toujours mettre à l'essai les nouveaux cultivars mis au point par les fournisseurs de semences avant de les utiliser à grande échelle. Il existe des cultivars tolérant le blanc qui pourraient gagner de l'importance au cours des années à venir.

Communiquer avec un spécialiste des légumes de serre du MAAARO ou s'adresser à un grainetier pour plus de détails sur les cultivars de tomate.

### Calendrier de culture

En Ontario, la culture de la tomate se fait suivant deux grands systèmes culturaux : le système à deux cultures par année, l'une de printemps, l'autre d'automne; et le système à une seule culture étalée sur toute la saison. Déterminer les dates de semis et de transplantation en fonction de la lumière disponible et des engagements

commerciaux. Le tableau 5-1, *Calendrier de culture de la tomate*, donne une indication du calendrier à respecter.

### Semis

Déposer la semence de tomate directement dans les micro-mottes de laine de roche des plateaux de styromousse ou des plateaux de plastique multicellules. Les semis se font à la main dans les petites exploitations et au moyen de semoirs automatiques dans les exploitations de plus grande envergure. Avant le semis, faire tremper les micro-mottes dans de l'eau ou une solution nutritive complète ayant une conductivité électrique (CÉ) de 1-1,5 mS/cm. Couvrir les semences de vermiculite de granulométrie moyenne. Placer les plateaux dans des chambres de germination maintenues à 24-25 °C et à 100 % d'HR, ou sur des tables de germination chauffées par le dessous, et couvrir les plateaux d'une pellicule de polyéthylène clair de 2 mil afin de maintenir la température et l'humidité.

La température de germination optimale pour les tomates est de 24-25 °C. La levée se fait entre 2 jours

**Tableau 5-1.** Calendrier de culture de la tomate

Système	Semis	Transplantation	Récolte	Fin du cycle
<b>Deux cultures/année</b>				
<b>Printemps</b>	mi-nov.	1 <sup>re</sup> sem. de janv.	milieu-fin mars	mi-juillet
<b>Automne</b>	fin juin	1 <sup>re</sup> sem. d'août	sept.-oct.	fin nov. - mi-déc.
<b>Culture intercalaire</b>				
<b>Première culture</b>	fin nov.	1 <sup>re</sup> sem. de janv.	milieu-fin mars	fin juillet
<b>Deuxième culture</b>	fin juin	fin juillet	fin sept.	fin nov. - début déc.
<b>Une culture/année</b>				
<b>Pleine saison</b>	1 <sup>re</sup> sem. de nov.	3 <sup>e</sup> -4 <sup>e</sup> sem. de déc.	milieu-fin mars	fin sept.-début oct.
<b>Culture hivernale</b>	fin juin	1 <sup>re</sup> -2 <sup>e</sup> sem. d'août	sept.-oct.	1 <sup>re</sup> sem. de juin

et demi et 3 jours plus tard. Une fois 60–70 % des plants levés, retirer les plateaux de la chambre de germination ou les débarrasser de la pellicule de plastique. Maintenir la température à 24 °C pendant 1–2 journées de plus, puis abaisser graduellement la température à 19–20 °C, le jour comme la nuit, pendant 2 jours. Une fois que les cotylédons sont entièrement déployés, fertiliser les plantules avec une solution nutritive complète ayant une CÉ de 1,0 mS/cm, en augmentant graduellement la CÉ au fur et à mesure que les plants se développent.

Les plantules bénéficient d'un éclairage d'appoint (photopériode de 18 heures à une intensité de 40 watts/m<sup>2</sup>) et d'un enrichissement en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) à une concentration de 800–1000 ppm.

Commencer le repiquage 14–21 jours après les semis ou lorsque, d'un plant à l'autre, les feuilles se touchent.

**Utiliser une source pure de CO<sub>2</sub> étant donné que les plantules sont extrêmement sensibles aux sous-produits d'une combustion incomplète du gaz naturel.**

## Production des plants

Repiquer les plantules dans des blocs de laine de roche de 7,5–10 cm préformés de manière à accueillir les micro-mottes. Faire d'abord tremper les blocs dans une solution nutritive complète (pH de 5,5 et CÉ de 1,5–2,0 mS/cm). À chaque arrosage subséquent, augmenter graduellement la CÉ jusqu'à 3,0–3,5 mS/cm au moment de la transplantation. Le rythme auquel on augmente la CÉ est fonction de la lumière disponible, du taux de croissance, de la vigueur des plants, de l'humidité disponible et du régime de température adopté. (Voir le chapitre 1 pour des précisions sur l'influence de ces facteurs sur la croissance.)

Placer les plantules dans les alvéoles des blocs de laine de roche, avec la tige soit toute droite, soit pliée à 90 ou à 180°. En couchant ainsi la plantule, on positionne les cotylédons et le point végétatif plus près de la surface du bloc de laine de roche, ce qui permet aux racines de se propager le long de la tige enfouie et d'offrir une plus grande stabilité au plant.

Si l'on place les plantules à la verticale dans l'alvéole, on doit les tuteurer à l'aide d'une tige de bambou fine, enfoncée près de la plantule. Utiliser des élastiques ou des anneaux de métal pour attacher le plant au tuteur. Couvrir l'alvéole d'une couche de vermiculite de granulométrie moyenne pour plus de stabilité.

On peut laisser les plants tuteurés grossir davantage puisqu'ils sont soutenus. On repousse ainsi à plus tard la nécessité d'attacher les plants aux fils de fer en hauteur une fois qu'ils sont transplantés dans la serre de production. Les plants risquent par ailleurs moins d'être endommagés lorsqu'on les déplace au moment de la transplantation.

Maintenir la température dans la serre à 23–25 °C pendant 1–2 jours après le repiquage pour hâter l'enracinement. Par la suite, abaisser graduellement la température à 19 °C (jour et nuit) à raison de 1 °C/jour. L'éclairage d'appoint (photopériode de 18 heures à une intensité de 40 watts/m<sup>2</sup>) et l'enrichissement en CO<sub>2</sub> à raison de 800–1000 ppm profitent à la culture en produisant des plants mieux enracinés qui sont compacts et ont une tige plus résistante et une floraison plus hâtive.

Dans les premiers stades de croissance du plant de tomate, le plant a tendance à avoir une forte croissance végétative. Pour obtenir une production hâtive et de bonne qualité, il est important de créer dans la serre des conditions propices à la phase de fructification (production de fleurs). Régler la température, l'humidité relative (HR), l'apport d'eau et la fertilisation en fonction de la lumière disponible de manière à maîtriser la croissance de la culture (*planches 24, 25*). (Voir le chapitre 1 pour des précisions sur l'influence de ces facteurs sur la croissance.)

La transplantation dans la serre de production s'effectue normalement quand la première inflorescence est bien formée (environ 6–7 semaines après les semis) et/ou que la première fleur commence à ouvrir. Cette pratique diminue les risques de voir le plant poursuivre une croissance végétative excessive après la transplantation dans la serre de production. Si la transplantation se fait trop tôt ou si la croissance

du plant n'est pas maîtrisée, le plant reste en phase végétative. Il en découle une floraison ainsi qu'une première récolte retardée, une tendance à produire des fruits de plus petit calibre et difformes, et une plus grande vulnérabilité aux maladies. À l'opposé, un plant qui affiche une phase de fructification trop accentuée se caractérise par une abondance de fleurs, le haut du plant qui est faible, une croissance plus lente et une récolte plus tardive. L'objectif à ce stade est d'atteindre un équilibre entre la phase végétative et la phase de fructification.

On note une augmentation depuis 2002 du nombre de producteurs qui ont recours au greffage pour mieux lutter contre les maladies des racines et améliorer la vigueur des plants durant l'été et l'automne, surtout lorsqu'ils adoptent un système à une culture étalée sur toute la saison (voir sous *Greffage*, p. 37). Au départ, il est important de maîtriser la croissance des plants greffés par le réglage des paramètres environnementaux, afin d'obtenir un équilibre entre les phases végétatives et de fructification (voir le chapitre 1) et se donner ainsi toutes les chances d'avoir une récolte de tomates de haute qualité.

### Espacement des plants

En général, l'espacement idéal est de 0,37–0,41 m<sup>2</sup>/plant (2,4–2,7 plants/m<sup>2</sup>). Disposer les plants en rangées doubles en laissant un espace de 0,6–0,8 m entre chaque rangée et 0,9–1,2 m pour l'allée séparant les paires de rangées doubles. Espacer les plants sur la rangée en fonction de la densité de peuplement recherchée. Dans la culture sur laine de roche, utiliser 2 plants/matelas de 90 cm en espaçant les sacs sur le rang. La majorité des producteurs optent pour un système en « V », dans lequel, à partir d'une seule rangée, ils doublent le nombre de plants par rangée jusqu'à atteindre la densité souhaitée. Ce système, très répandu, présente le double avantage de nécessiter moins de substrat et d'accélérer la mise en place de la serre.

Lorsque le rayonnement augmente, plus tard dans la saison, on peut augmenter la densité de peuplement à 2,9 tiges/m<sup>2</sup> en laissant une tige latérale se développer et devenir une tige productrice, tous les cinq plants.

Toutefois, il faut être prudent, car cette pratique a tendance à modifier l'interaction entre le plant, le volume de laine de roche et l'eau, ce qui donne des fruits de plus petit calibre et une vulnérabilité accrue aux maladies, surtout là où l'apport de lumière est déficient. Le développement et le palissage d'une tige latérale comme tige supplémentaire pour accroître la densité des tiges se font normalement en mars.

### Taille et palissage

Conduire les tomates de serre sur une seule tige en supprimant toutes les pousses latérales ou tous les gourmands au moins une fois par semaine. Attacher les plants à l'aide de ficelle de polypropylène. Avec une extrémité de la ficelle, former une boucle lâche autour de la base du plant et attacher l'autre extrémité au fil de métal suspendu. Traditionnellement, ce fil était suspendu à 1,8 à 2,5 m au-dessus du rang. Toutefois, dans les serres de nouvelle conception, pourvues d'un réseau de rails sur les tuyaux à eau chaude et de chariots élévateurs à ciseaux, les fils de métal sont suspendus à 3,0–3,5 m de hauteur.

La façon d'attacher la ficelle à la base du plant est importante. Si le nœud est trop serré, il risque d'étouffer le plant. S'il est trop lâche, le plant risque de tomber ou de glisser et de casser la tige. Dans certains cas, on peut coincer la ficelle entre le fond du bloc transplanté et le dessus du matelas de laine de roche, de telle sorte que le poids du plant garde la ficelle en place. Toutefois, des problèmes peuvent survenir, si la ficelle boit la solution fertilisante et la fait remonter le long des tissus du plant comme le ferait une mèche. Le plant risque alors d'être endommagé là où la tige et la ficelle entrent en contact, ce qui risque d'entraîner une perte de production. Ces lésions constituent en outre des foyers potentiels de maladies, causées par *Botrytis* notamment.

Au fur et à mesure que le plant grandit, enrouler la tige une ou deux fois autour de la ficelle, de manière assez lâche à la hauteur de chaque grappe de fruits. Une fois les plants plus gros et plus lourds (habituellement autour du stade de la 4<sup>e</sup> ou de la 5<sup>e</sup> grappe), utiliser des pinces de serrage en plastique pour attacher les plants aux ficelles.

Pour les cultures de printemps, draper 2,0–2,5 m de plus de ficelle sur le fil de fer suspendu. Lorsque le plant atteint le fil de fer, détacher la ficelle et abaisser le plant, jusqu'à permettre à sa partie la plus basse de reposer sur le sol ou sur des supports de métal. On désigne cette opération la descente. On peut aussi se procurer sur le marché des crochets en hauteur auxquels est enroulée une provision de ficelle pour la saison. Ces crochets sont couramment utilisés dans les serres où l'on laisse les tomates monter très haut. Ils facilitent la descente des plants.

Avant la descente, il est important d'enlever les feuilles basses des plants de tomate pour :

- améliorer la circulation d'air à la base;
- maintenir un environnement idéal à la base après la descente des plants;
- permettre aux travailleurs de repérer facilement les fruits au moment de la récolte.

Idéalement, enlever seulement 1–2 feuilles à la fois, puisqu'en enlever trop d'un coup modifie le rapport feuilles-fruits et nuit au rendement. Se fixer en général pour objectif, surtout l'été, de laisser seulement 18–20 feuilles par plant (soit environ 1,2 m de tige portant des feuilles). Au démarrage de la culture, viser à garder seulement 12–15 feuilles afin de maintenir la vitesse de grossissement et la qualité des fruits. Dans le cas de certains cultivars, on doit enlever pas mal de feuilles. On enlève alors une feuille au milieu du plant et une autre près du point végétatif lorsque le plant est à peu près au stade de la 3<sup>e</sup>–4<sup>e</sup> grappe en fleurs. On peut avoir à répéter l'opération jusqu'à ce que la vigueur du plant soit maîtrisée (le problème se manifeste surtout dans les cultures d'automne).

Pincer ou couper le point végétatif environ 6–8 semaines avant la fin prévue de la récolte (2 semaines plus tôt dans le cas d'une culture d'automne). On transfère ainsi vers le fruit, les sucres et l'énergie normalement utilisés pour produire de nouvelles fleurs et de nouvelles feuilles, ce qui en hâte le grossissement et le mûrissement.

### Taille des grappes

Comme la fructification se fait facilement chez la plupart des cultivars de tomate modernes, il se peut que toutes les fleurs sur une même grappe donnent un

fruit. Il peut s'écouler 4–10 jours entre la fructification de la première fleur et celle de la dernière, ce qui donne des fruits de calibre variable à la récolte. Pour s'assurer d'un calibre homogène et d'une récolte hâtive, tailler chaque grappe à 4 fruits (tomates de type Beefsteak) ou à 5 fruits (tomates en grappes). Tailler les grappes de tomates de spécialité de manière à équilibrer le plant et à maintenir le calibre des fruits et la qualité des grappes. Après la fructification du bon nombre de fleurs, tailler le plant en pinçant le reste des fleurs de la grappe. Sous des bonnes conditions d'éclairage, un cultivar vigoureux de tomate Beefsteak ou une culture d'automne peut obliger à laisser 5 fruits/grappe jusqu'à la 3<sup>e</sup> grappe, puis 4 fruits/grappe sur les grappes subséquentes. Cette décision mérite une bonne réflexion, car une surcharge de fruits sur les grappes inférieures risque de compromettre sévèrement le rendement à venir. Des supports peuvent être nécessaires pour empêcher les grappes de retomber (*planches 26 et 27*).

### Pollinisation

La pollinisation est nécessaire à une fructification normale. Le pollen provenant des anthères doit atteindre les ovaires à la base de la fleur pour que la fertilisation et la fructification se produisent. Le nombre de graines qui se développent détermine le calibre des fruits, leur qualité et leur forme. Les fleurs de tomate sont autogames, mais pour s'assurer de tomates de calibre homogène et de haute qualité, on se sert de vibreurs électriques, de brosses à dents électriques ou de bourdons pour accroître la pollinisation (*planche 28*).

Pour mener à bien la pollinisation, il faut :

- une production de pollen viable;
- le transport du pollen des anthères vers le stigmate;
- la germination des grains de pollen sur le stigmate; et
- la croissance des tubes polliniques à l'intérieur du stigmate, ce qui provoquera la fertilisation, puis la mise à fruits.

Nota : Les fruits qui renferment davantage de graines ont tendance à être plus gros et à avoir une plus belle forme.

Des conditions défavorables de température, de lumière et de nutrition peuvent faire avorter un de ces



processus en partie ou en totalité et peuvent entraîner une mauvaise fructification et une production de fruits de moindre qualité. La température diurne ne doit pas descendre sous 18 °C ni dépasser 30 °C une fois la floraison commencée.

### Bourdons

Les bourdons sont couramment utilisés pour polliniser les cultures de tomates dans le but de produire des fruits de haute qualité. Introduire des ruches de bourdons (2–3 ruches/ha) dans une serre de tomates une fois que la première inflorescence est entièrement ouverte. En butinant les fleurs pour en extraire le pollen, les ouvrières font tomber de nombreux grains de pollen des étamines vers le stigmate, ce qui amorce la pollinisation. Les bourdons butinent les fleurs lorsque le pollen est disponible (du milieu de la matinée au début de l'après-midi). Ils visitent la même fleur plusieurs fois pendant la floraison.

À mesure que les plants grossissent et que de nouvelles fleurs s'épanouissent, ajouter des ruches supplémentaires, jusqu'à un total de 4–5 ruches/ha, selon les recommandations du fournisseur de bourdons, et maintenir ce nombre pendant toute la durée de la saison de croissance. Quand une ruche vieillit, la population d'ouvrières diminue, ce qui modifie l'ordre social de la ruche et rend cette dernière inefficace. Les ruches perdent leur efficacité de pollinisation après 6–8 semaines. Il faut alors remplacer les ruches ou en augmenter le nombre pour assurer une bonne pollinisation. Répéter cette opération pendant toute la saison de croissance.

Une marque ou une teinte brune dans le calice indique qu'un bourdon a visité la fleur. La surveillance de ces marques détermine si les bourdons sont efficaces (*planche 29*).

Placer les ruches dans un endroit pratique sur une étagère ou un support robuste, à 1,0–1,5 m du sol en veillant, au besoin, à les protéger des rayons du soleil pour empêcher leur échauffement excessif pendant l'été. Installer les ruches loin des vibrations ou des courants d'air. Les ruches placées dans un endroit frais mettent plus de temps à donner des ouvrières efficaces pour polliniser la culture.

Les ruches modernes sont conçues pour fournir une source de glucides aux bourdons, ce qui exige peu d'entretien, sinon pas du tout, de la part de l'exploitant. Les ruches sont aussi pourvues d'une ouverture à sens unique qui, lorsqu'elle est activée, permet aux bourdons d'entrer dans la ruche, mais pas d'en sortir. Ce dispositif est nécessaire pour capturer tous les bourdons lorsqu'il faut retirer les ruches, avant une pulvérisation de produits chimiques, par exemple.

Les bourdons sont sensibles à différents produits chimiques. Une fois que des produits chimiques sont introduits dans les ruches, ou dans le couvain, ils en provoquent la détérioration, ce qui nuit à la pollinisation. Ainsi, est-il essentiel de se doter d'un bon programme de lutte biologique contre les ravageurs si l'on veut tirer pleinement parti de la pollinisation par les bourdons.

Même si les bourdons s'échappent des serres par les orifices de ventilation, ils y reviennent habituellement. Toutefois, s'il fait froid à l'extérieur, ou si les orifices se referment avant que les bourdons ne soient rentrés, les bourdons meurent, surtout en février et en mars. Cette situation peut devenir problématique dans les serres revêtues d'un double film de polyéthylène avec ventilation naturelle à la gouttière, où la longueur d'onde de la lumière qui pénètre par les orifices de ventilation semble différente de celle qui filtre à travers la double pellicule de polyéthylène, ce qui attire les bourdons à l'extérieur.

On peut corriger la situation :

- en optant pour un revêtement de polyéthylène qui présente une différence moins grande au niveau de la transmission de la lumière;
- en diminuant la surface des orifices de ventilation et en compensant cette réduction par l'installation aux extrémités de la serre de ventilateurs destinés à faciliter la ventilation en début de saison;
- en installant des moustiquaires sur les ouvertures à la gouttière pour empêcher les bourdons de s'échapper.

Dans les petites serres productrices de tomates, il se peut que la pollinisation par les bourdons ne soit pas efficace. Une ruche à maturité de taille moyenne peut compter jusqu'à 300 bourdons adultes. Lorsque la demande de pollen est très forte, un nombre excessif de visites à chaque fleur (*planche 30*) risque

d'endommager les fleurs et, dans certains cas, d'en causer l'avortement. On doit alors recourir à la pollinisation manuelle à l'aide de vibreurs électriques. On peut aussi polliniser les fleurs à l'aide d'appareils de soufflerie à dos qui rappellent les souffleuses à feuilles. Les autres méthodes, comme de tapoter les fils métalliques suspendus ou le fil qui supporte le plant, et d'arroser à grosses gouttelettes, donnent généralement peu de résultats.

À la fin de l'automne, l'hiver et au début du printemps, les fleurs de la plupart des cultivars prennent une forme légèrement différente qui rend plus difficile la pollinisation naturelle. Cette situation, causée par la faible intensité lumineuse et les températures fraîches, est parfois aggravée aussi par un surcroît d'azote. Le moment optimal pour la pollinisation se situe entre 11 h et 15 h, lorsque les fleurs sont sèches et que le pollen est libéré. Une mauvaise pollinisation donne une répartition inégale et insuffisante des graines, qui, à son tour, donne des fruits creux, difformes et de mauvaise qualité.

## Climat

La température de l'air a une influence marquée sur la croissance et le développement des fleurs, la fructification, le développement du fruit, son mûrissement et sa qualité. La température moyenne sur 24 heures influence le taux de croissance. Plus la moyenne sur 24 heures est élevée, plus le taux de croissance sera grand. La culture de tomates atteint une croissance optimale quand la température est à 25 °C le jour comme la nuit, mais elle produit un maximum de fruits à 18 °C la nuit et à 20 °C le jour, ou quand la moyenne sur 24 heures est de 19 °C. L'écart de température entre le jour et la nuit détermine la morphologie du plant (c.-à-d. sa forme) et l'importance relative de la phase végétative et de la phase de fructification.

Régler les températures en fonction de la lumière disponible, afin de maintenir un taux de croissance élevé et d'obtenir des fruits de fort calibre et d'excellente qualité. [Voir les tableaux 5-2,

*Températures de l'air recommandées (en °C) pour les tomates*, et 5-3, *TOMATE : Résumé des recommandations culturales*.] Sous une faible intensité

lumineuse (en début d'hiver ou les jours nuageux), maintenir une température moyenne sur 24 heures plus basse et augmenter la température lorsque les niveaux de lumière augmentent. Régler l'écart dans les températures diurnes et nocturnes de façon à maintenir la vigueur des plants et à obtenir des fruits de bon calibre. Un écart important dans les températures diurnes et nocturnes accentue la phase de fructification (davantage de fleurs, couvert moins dense et fruits de plus gros calibre), tandis qu'un écart qui est faible ou même inexistant stimule davantage la phase végétative (moins de fleurs, couvert plus dense).

**Tableau 5-2.** Températures de l'air recommandées (en °C) pour les tomates

	Lumière faible (jours nuageux)	Lumière forte (jours ensoleillés)	Avec CO <sub>2</sub> (voir le chapitre 1, p. 10)
Minimum la nuit (°C)	17	18	18
Minimum le jour (°C)	19	21	21
Température de ventilation (°C)	21	24	26

*Remarques : 1) Durant les journées très ensoleillées, des températures supérieures à 26 °C ne nuiront pas aux plants, mais au-dessus de 29 °C, les fleurs de la plupart des cultivars seront endommagées. 2) La température minimale recommandée pour le substrat est de 16 °C (l'idéal étant qu'elle se situe dans la fourchette de 18-21 °C).*

La lumière est également un élément crucial de la culture de la tomate pendant l'hiver. Sous des conditions de faible lumière, en hiver, les plants ont tendance à former de longs entre-nœuds, moins de boutons floraux et des fleurs qui ne produisent pas de fruits. On peut remédier à ce problème en ralentissant la croissance par une combinaison des méthodes qui suivent :

- abaissement de la température moyenne sur 24 heures;
- diminution du volume d'arrosage;
- élévation de la CÉ de la solution nutritive et du substrat;
- abaissement de l'HR (déficit de tension de vapeur [DTV] plus élevé).

Le lait de chaux appliqué sur le revêtement extérieur de la serre durant l'été réduit à la fois l'intensité lumineuse et la température à l'intérieur de la serre. On obtient ainsi une partie aérienne plus forte, une amélioration de la qualité des fleurs et des fruits, ainsi qu'une diminution des problèmes de qualité fruitière liés à des températures élevées des fruits.

Une culture de tomates peut tolérer de grands écarts d'HR dans la mesure où il ne se produit pas de changements radicaux en peu de temps. Idéalement, l'HR doit se situer dans la fourchette de 75–85 %, soit un DTV de 0,4–0,8 kPa. Si le DTV est élevé, l'approvisionnement en eau est très important; si le DTV est faible, l'incidence des maladies risque d'augmenter. Le jour, un DTV faible peut améliorer la fructification, tandis qu'un DTV élevé compromet la pollinisation et la fructification.

Une modification du DTV influencera aussi la vigueur ou l'aspect des plants. Ainsi, sous des conditions de DTV élevé, le plant a tendance à avoir une tête moins dense et des feuilles plus minces. Sous des conditions de faible DTV, le plant a tendance à avoir une tête plus dense et des feuilles plus épaisses, des fleurs avec des

grappes développées ou des tiges qui sont plus sujettes à ployer, ce qui donne des fruits dont le calibre et la forme laissent à désirer.

L'enrichissement carboné est profitable à la culture de la tomate à tous les stades de croissance. Les jours ensoleillés, ajouter au moins 1000 ppm de CO<sub>2</sub> (réduire à 400 ppm de CO<sub>2</sub> si les orifices de ventilation sont ouverts de plus de 10 %). Si l'intensité lumineuse est faible (40 watts/m<sup>2</sup>), la concentration idéale est de 400 ppm. L'été, en présence de ventilation, l'enrichissement en CO<sub>2</sub> à une concentration allant jusqu'à 400 ppm est rentable et de plus en plus pratiqué, surtout en début de journée et en fin de soirée, avant le coucher du soleil.

Les ventilateurs assurant un mouvement horizontal de l'air contribuent à minimiser les gradients de température dans la serre et favorisent une distribution plus uniforme du CO<sub>2</sub> à travers le couvert végétal. Une vitesse relative de 1 m/seconde est recommandée. Garder à l'esprit qu'on doit éteindre ces ventilateurs durant le cycle de déshumidification afin de déshumidifier efficacement la serre. Les courants de convection engendrés par le système de chauffage

**Tableau 5-3. TOMATE : Résumé des recommandations culturales**

	Germination	Production de plants	Transplantation	Stade de récolte	Récolte complète
<b>Température*</b>					
diurne (°C)	25	19–21	24	19	20–22
nocturne (°C)	25	19–21	24	19	17–19
<b>CÉ de la solution (mS/cm)</b>	0,0–1,0	2,5–3,0	2,5–3,0	2,7–3,5	2,7–4,0
<b>pH de la solution</b>	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
<b>Vol. de la solution nutritive (L/jour)**</b>	—	0,2–0,3	0,2–0,3	0,5–1,5	1,5–2,5
<b>Calendrier de fertilisation***</b>	—	A	B	C	D

\*Opter pour la valeur inférieure de la fourchette quand le niveau de lumière est faible.

\*\* Au besoin, selon la stratégie d'arrosage.

\*\*\* Voir le tableau 5-4, Tableau de fertigation des tomates (ppm d'éléments nutritifs), pour l'explication de ces codes.

D'après les données colligées par le personnel d'AAC et du MAAARO au Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles, Harrow, et par le personnel du MAAARO à la Station de recherche de Vineland, Vineland Station.

sont perturbés par le mouvement horizontal de l'air, ce qui empêche l'air humide et chaud de s'échapper facilement par les orifices de ventilation.

### Besoins nutritifs

Un environnement optimal et l'apport d'eau et d'éléments nutritifs au bon moment peuvent seuls permettre d'obtenir une production prolongée de fruits. La technique la plus courante et la plus efficace pour maîtriser la croissance de la culture consiste à régler l'apport d'eau et d'azote.

Un plant bien équilibré est caractérisé par sa tige robuste, ses feuilles vert foncé et ses grappes de grosses fleurs rapprochées qui fructifient facilement. Un plant bien nourri devrait avoir une tige d'une épaisseur de 1 cm mesurée à 15 cm à partir du sommet. Des tiges plus épaisses sont l'indice d'une croissance végétative excessive et sont généralement associées à une mauvaise fructification et à une faible productivité. Des tiges plus minces sont habituellement l'indice d'un manque de glucides, et sont ordinairement associées à une croissance lente et, éventuellement, à un faible rendement.

Une culture de tomates à maturité utilise 2–3 L d'eau par plant par jour lorsque l'intensité lumineuse est élevée (au cours d'une journée estivale moyenne, par exemple). Une irrigation légère et peu fréquente, une HR peu élevée et une CÉ élevée dans l'eau d'irrigation donnent des plants qui croissent lentement et qui sont soumis à une trop grande fructification. Mais une trop grande croissance végétative n'est pas souhaitable non plus. La meilleure méthode pour réduire la croissance consiste à ajuster la CÉ : cette méthode est simple, efficace et fiable.

On doit appliquer en permanence une solution nutritive complète pour soutenir la croissance et le développement des fruits, nécessaires à l'obtention d'une bonne production de tomates de bonne qualité. On devrait ajuster le calendrier de fertilisation en fonction du stade de la culture. Voir les tableaux 5–4, *Calendrier de fertigation des tomates (ppm d'éléments nutritifs)*, et 5–5, *Ingrédients (en poids) des solutions-mères (dilution de 1:100 nécessaire à l'obtention des solutions finales)*.

Les plants de tomate affichent des taux d'absorption des éléments nutritifs (surtout de l'azote et du potassium) qui varient selon le stade de croissance. Le taux d'absorption de l'azote par les plants de tomate pendant la production des 2–3 premières inflorescences est à peu près le même que celui du potassium. Cependant, le taux d'absorption du potassium augmente au fur et à mesure que la charge fruitière augmente, jusqu'à se traduire par un rapport de 2 à 1 pour le taux d'absorption du potassium par rapport à celui de l'azote. Une quantité excessive d'azote sous une faible intensité lumineuse au début du cycle de production stimule à outrance la croissance végétative. On obtient alors un plant plus vulnérable aux maladies, dont la floraison, la fructification et le calibre des fruits laissent à désirer. Un faible apport d'azote à ce stade contribue à maîtriser la croissance. (Nota : D'autres facteurs peuvent aussi influencer fortement la croissance des plants et doivent également être pris en considération. Pour des précisions, voir le chapitre 1.)

On peut aussi régler l'apport d'azote (N) directement en modifiant la fertilisation azotée ou indirectement en jouant sur l'apport d'autres éléments nutritifs, comme le potassium (K). L'accroissement du rapport K-N dans la solution nutritive est une technique couramment utilisée pour ralentir la croissance.

Le volume et le moment des applications de solution nutritive par fertigation revêtent une importance capitale dans la culture avec sacs de laine de roche ou de fibre de coco et influencent énormément la qualité du fruit. En commençant la fertigation 1–2 heures après le lever du soleil et en la terminant 1–2 heures avant le coucher du soleil, on contribue à réduire l'incidence du roussissement et du fendillement durant l'été ainsi que des maladies. Il est parfois nécessaire d'arroser la nuit durant les mois d'hiver lorsque les systèmes de chauffage sont entièrement opérationnels et que l'HR dans la serre est faible, ou durant l'été, lorsque l'intensité lumineuse et les températures à l'intérieur de la serre durant le jour sont élevées.

**Tableau 5-4.** Calendrier de fertigation des tomates (ppm d'éléments nutritifs)

	N	NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	S*	Cl*	HCO <sub>3</sub>
<b>A. Saturation du matelas</b>	200	10	50	353	247	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120-200	100-125	25
<b>B. Les 4-6 sem. après les semis</b>	180	10	50	400	190	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120-200	100-125	25
<b>C. Apports normaux</b>	190	22	50	400	190	65	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120-200	100-125	25
<b>D. Forte charge fruitière</b>	210	22	50	420	190	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120-200	100-125	25

\* Les engrais choisis pour composer la solution nutritive détermineront le niveau final de ces anions.

D'après les données colligées par le personnel d'AAC et du MAAARO au Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles, Harrow, et par le personnel du MAAARO à la Station de recherche de Vineland, Vineland Station.

### Azote (N)

Cet élément nutritif est celui qui influence le plus la croissance végétative. Des taux élevés d'azote entraînent une croissance végétative vigoureuse au détriment de la production de fruits. Cependant, dans des conditions chaudes et ensoleillées, il faut augmenter le niveau d'azote pour permettre au plant de continuer sa croissance et pour maximiser son potentiel de production de fruits.

Un excès d'azote est caractérisé par des tiges fortes et épaisses, des feuilles enroulées dans le haut du plant, de grosses inflorescences, de grosses fleurs et une mauvaise fructification. Les symptômes d'une carence en azote comprennent les suivants : un feuillage vert clair et des fleurs jaune pâle, une tête peu fournie, ce qui donne des plants à l'aspect rigide.

### Potassium (K)

Le potassium a une grande influence sur la qualité des fruits et, à des taux élevés, il peut aussi être efficace pour durcir le plant. Le niveau de potassium est particulièrement critique au moment de la plantation pour maîtriser la croissance ultérieure et prévenir les problèmes de mûrissement. Le rapport entre le potassium et l'azote est lui aussi important dans la

maîtrise de la croissance : plus ce rapport est élevé, plus lente est la croissance. Des problèmes au niveau de la qualité des fruits tels que la maturation inégale, des fruits creux et des tomates à épaules vertes sont associés à des teneurs trop faibles en potassium.

### Phosphore (P)

Le phosphore est utilisé en bien moins grandes quantités que l'azote et le potassium. Au début, le phosphore est important pour amorcer la croissance des racines. Les apports de phosphore sont fortement conditionnés par la température et le pH du substrat. Des températures basses ou encore un pH élevé freinent l'assimilation du phosphore. Cet élément influence fortement la croissance végétative et la fructification. Les symptômes de carence comprennent une coloration pourpre caractéristique des nervures des feuilles et de la tige, une croissance frêle et un mauvais développement des grappes. Le phosphore est très rarement toxique.

### Magnésium (Mg)

Bien que les carences en magnésium soient très fréquentes, elles entraînent rarement une baisse de rendement. Par contre, elles peuvent nuire à la qualité des fruits. Habituellement, la carence en magnésium



**Tableau 5-5.** Ingrédients (en poids) des solutions-mères (dilution de 1:100 nécessaire à l'obtention des solutions finales)

Engrais	A*	B*	C*	D*
<b>kg/1000 L (dilution de 1:100)</b>				
Nitrate de calcium	112	82,1	82,1	82,1
Nitrate de potassium	25,72	42,4	40,89	56,27
Phosphate monopotassique	6,75	6,75	6,75	6,75
Sulfate de potassium	45,11	38,08	39,21	31,81
Chlorure de potassium	3,75	3,75	3,75	3,75
Sulfate de magnésium	66,0	66,0	56,0	66,0
Nitrate d'ammonium	0,0	4,0	8,0	8,0
<b>g/1000 L (dilution de 1:100)</b>				
Fer chélaté, 13 %	615,38	615,38	615,38	615,38
Sulfate de manganèse	207,69	207,69	207,69	207,69
Sulfate de zinc	94,29	94,29	94,29	94,29
Borax	326,67	326,67	326,67	326,67
Sulfate de cuivre	16,0	16,0	16,0	16,0
Molybdate de sodium	10,87	10,87	10,87	10,87
CÉ souhaitée (mS/cm)	2,5-3,0	3,5	3,0-4,0	2,5-3,5
PH souhaité	5,8	5,8	5,8	5,8
Volume d'eau (L)**	0,25-0,5	0,5-1,0	1,0-2,0	1,5-2,5

\* Voir le tableau 5-4, Tableau de fertigation des tomates (ppm d'éléments nutritifs), pour l'explication de ces codes.

\*\* Au besoin, selon la stratégie d'arrosage.

D'après les données colligées par le personnel d'AAC et du MAAARO au Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles, Harrow, et par le personnel du MAAARO à la Station de recherche de Vineland, Vineland Station.

s'observe seulement au niveau du plant. Elle est liée soit à une concentration trop importante de potassium dans la solution nutritive (la carence étant alors attribuable au potassium), soit à un mauvais développement des racines, ce qui empêche dans les deux cas le plant d'assimiler suffisamment de magnésium. Elle doit donc déplacer du magnésium des vieilles feuilles vers les nouvelles, ce qui laisse les vieilles feuilles chlorotiques. Une carence en magnésium peut être facilement corrigée par des arrosages avec du sel d'Epsom.

### Calcium (Ca)

Une carence en calcium entraîne habituellement la pourriture apicale du fruit et le dépérissement des points végétatifs. Dans la plupart des cas, la carence en calcium est causée par un stress hydrique dû à un arrosage inadéquat ou inégal, à des variations fréquentes et importantes de l'HR, à un programme de fertilisation non équilibré ou à une salinité élevée. Des pulvérisations de nitrate de calcium ou de chlorure de calcium aideront à corriger cette carence. Cependant, une solution plus pratique au problème consiste à améliorer l'équilibre de l'eau dans le plant.

### **Soufre (S)**

Il est rare qu'on observe une carence en soufre étant donné qu'il entre dans la composition de nombreux fertilisants. Cependant, des niveaux élevés de soufre peuvent amener une élévation excessive de la salinité et nuire aussi à l'absorption du molybdène.

### **Fer (Fe)**

On identifie la carence en fer, un problème fréquent, par la chlorose des jeunes feuilles. Dans la plupart des cas, les carences en fer sont induites par un substrat au pH trop élevé, une teneur en manganèse trop élevée, une mauvaise croissance des racines ou des conditions anaérobies du sol causées par un arrosage excessif. Des pulvérisations foliaires de sels de fer ou de fer chélaté sont utiles, mais il est préférable d'éliminer la source du problème.

### **Manganèse (Mn)**

On confond souvent les carences en manganèse avec les carences en fer. On reconnaît la carence en manganèse à une chlorose internervaire et à des nervures vert pâle. Au fur et à mesure que la carence s'aggrave, la chlorose internervaire jaunit de plus en plus et des taches brunes apparaissent à la base des folioles. Le plus souvent, toutefois, les taches brunes indiquent une toxicité causée par le fer. Le manganèse peut conduire à des problèmes de toxicité quand le substrat, surtout le sol, subit un traitement à la vapeur non suivi d'un lessivage.

### **Cuivre (Cu)**

Dans les substrats à base de mousse de tourbe ou dans les mélanges sans sol, si le cuivre est omis du calendrier de fertilisation, il peut arriver que les concentrations de cuivre s'abaissent trop. Les symptômes rappellent ceux qui sont provoqués par une forte salinité, soit : de jeunes feuilles vert foncé qui souvent se flétrissent, une croissance lente, des tiges et des feuilles plus minces et, éventuellement, la chlorose et la nécrose du plant. Quand les symptômes s'aggravent, les pointes des folioles deviennent nécrosées et les boutons à fleurs ne se développent pas.

### **Bore (B)**

La carence en bore se manifeste par la fragilité des feuilles, le flétrissement prématuré et, dans les cas graves, le dépérissement des points végétatifs. Cette carence peut facilement être corrigée par application foliaire d'une solution de borax. L'écart étant mince entre une concentration correcte et une concentration toxique de bore, la prudence est de mise lors des pulvérisations de borax. À des niveaux toxiques, le bore peut causer de sérieux dommages aux plants.

### **Zinc (Zn)**

Cet élément manque rarement. Ce sont plutôt les surplus de cet élément qui sont à craindre. Le zinc risque de devenir toxique dans les systèmes hydroponiques où la recirculation se fait dans des tuyaux galvanisés, en raison de la réaction entre la solution nutritive et la tuyauterie, qui a pour effet de libérer une quantité excessive de zinc. De la même façon, dans les serres nouvellement construites, l'eau de pluie recueillie de gouttières en métal galvanisé n'ayant reçu aucun traitement spécial peut renfermer une concentration toxique de zinc.

### **Molybdène (Mo)**

La carence en molybdène peut être induite par les conditions acides du sol ou par des niveaux élevés de soufre. Bien que les symptômes de carence en molybdène ne soient pas facilement identifiables, l'analyse de tissus permet un diagnostic fiable.

## **Récolte et entreposage**

Récolter les tomates de serre avec le calice attaché au fruit afin de faciliter l'identification du produit. La récolte devrait se faire 3 fois/semaine ou tous les 2 jours, surtout durant l'été, afin de garantir que tous les fruits sont récoltés à peu près au même stade de mûrissement, alors qu'ils passent du vert au rouge orangé. Certains producteurs récoltent les tomates au stade de tomate mûrissante (lorsque l'extrémité apicale du fruit commence à prendre de la couleur). Les tomates récoltées à un stade plus avancé ont plus de saveur, mais risquent de ne pas présenter une durée de conservation aussi longue, puisqu'elles atteignent un état de surmaturité plus rapidement.

Cueillir les tomates à la main en pinçant ou en brisant le calice à l'endroit où la tige florale forme un coude. Dans le cas des tomates en grappes, couper près de la tige à l'aide d'un couteau ou de ciseaux. Placer le fruit dans des paniers de cueillette ou des caisses pour éviter qu'ils ne soient perforés par le calice d'un fruit voisin. Tailler la tige au besoin pour minimiser les perforations des fruits au moment de leur manipulation pendant le conditionnement et la disposition dans les présentoirs. Se garder de faire tomber les fruits, sous peine de les voir se meurtrir et de raccourcir leur durée de conservation.

Cueillir les tomates aussitôt que possible le matin alors qu'il fait encore frais. Les transporter le plus rapidement possible dans un endroit couvert ou directement dans une chambre froide, car les fruits laissés dans la serre ne tardent pas à se réchauffer et à se détériorer. Pour garder aux fruits toute leur qualité, maintenir une température de 15 °C dans les installations de conditionnement. L'homogénéité des emballages (couleur, calibre et qualité) est crucial si l'on veut que le produit soit bien accepté sur le marché. Pendant le conditionnement, apposer sur chaque fruit un autocollant à code à barres (PLU).

Le conditionnement des tomates se fait souvent sur des chaînes de conditionnement dotées de dispositifs de tri par couleur informatisés qui déterminent le poids et le calibre des fruits et qui apposent automatiquement les autocollants.

Au besoin, entreposer les fruits à 12 °C après le classement et le conditionnement. Une fois les fruits retirés de la chambre froide, prendre des précautions pour éviter la condensation sur les fruits, soit en les transportant dans un endroit sec ou en augmentant graduellement leur température. L'expédition devrait se faire dans des camions réfrigérés.

Pour des données à jour sur les catégories de fruits et la structure des prix en fonction des catégories, communiquer avec l'Ontario Greenhouse Vegetable Growers, C.P. 417, Leamington (Ontario) N8H 3W5; téléphone : 519 326-2604.



## 6. Concombre

La réussite de la culture du concombre en serre dépend de l'habileté du producteur à maintenir des conditions de croissance idéales. Les plants de concombre sont extrêmement sensibles aux changements. On s'assure d'un bon rendement et d'une bonne qualité de fruits en optimisant les conditions environnementales, notamment la lumière, la température, l'humidité, les déplacements d'air et le milieu offert aux racines (c.-à-d. température du substrat, eau, éléments nutritifs, etc.). Plante tropicale originaire du sous-continent indien, le concombre donne de bons résultats lorsqu'il bénéficie de lumière, de chaleur, d'humidité, d'eau et d'éléments nutritifs en abondance.

Le concombre anglais est le principal concombre cultivé en serre à l'échelle commerciale. Il s'agit d'un fruit apyrène (sans graines) et parthénocarpique, c.-à-d. dont les fleurs n'ont pas besoin d'être pollinisées pour produire des fruits. On note une augmentation en Ontario de la culture des mini-concombres, destinés à des créneaux particuliers.

### Cultivars

Il existe une vaste gamme de cultivars qui conviennent aux conditions de culture en serre de l'Ontario. La qualité des fruits, le rendement et les habitudes de croissance varient selon les cultivars et les fournisseurs de semences. Comme le marché réclame des fruits de 32–42 cm de long et de 4 cm de diamètre, il est bon de rechercher un cultivar qui procure un pourcentage élevé de fruits respectant ces critères. Les concombres courts rapportent moins.

L'utilisation de cultivars tolérant le blanc du concombre (désignés PMT, abréviation de *Powdery Mildew Tolerant*) est de plus en plus répandue, de sorte que chaque grainetier en offre un choix pouvant convenir aux producteurs de l'Ontario. Les cultivars qui tolèrent le blanc ou qui y sont résistants affichent un rendement légèrement inférieur à celui des autres cultivars, ce qui rend leur culture moins rentable. Si les premiers cultivars PMT produisaient des concombres

plus courts, les nouveaux cultivars produisent davantage de fruits de calibre convenable. Certaines exploitations cultivent également les mini-concombres ou concombres à cornichons pour des marchés précis.

Pour plus de détails sur les différents cultivars, consulter un spécialiste des légumes de serre du MAAARO ou un fournisseur de semences.

### Calendrier de culture

Les plants de concombre poussent rapidement; selon les conditions de lumière et de croissance, ils peuvent donner un fruit commercialisable en 8–12 semaines. La culture du concombre se prête à plusieurs cycles de production différents, les dates de semis et de fin de récolte étant ajustées en fonction du calendrier de commercialisation et de la disponibilité de la lumière.

Un cycle de production à deux cultures consiste en :

1. une première culture semée en janvier et récoltée entre la mi-février et la mi-juillet ou en août;
2. une seconde culture, semée en août et récoltée de la fin septembre à la fin novembre ou au début décembre.

Un cycle de production à trois cultures, destiné à maintenir une qualité de fruit élevée et à conserver la part de marché, consiste en :

1. une première culture semée en décembre qu'on récolte entre la fin janvier ou le début février jusqu'en mai;
2. une deuxième culture qui suit immédiatement la première et qu'on récolte jusqu'en août;
3. une troisième culture, semée immédiatement après le nettoyage et terminée en décembre.

Un nombre croissant de producteurs adoptent maintenant un cycle de production à quatre cultures afin de maintenir leur part de marché plus longtemps en offrant des fruits de qualité supérieure. Ils utilisent des plants à repiquer plus avancés, raccourcissent la durée de la récolte et prévoient quatre dates de semis par année. De plus en plus de producteurs s'intéressent



à l'utilisation de la lumière artificielle pour produire des concombres durant les mois d'hiver. Cependant, les coûts de production accrus liés à l'éclairage combinés à un rendement plus faible font en sorte que la culture du concombre pendant les mois de novembre, de décembre et de janvier n'est rentable que dans la mesure où les concombres commandent des prix élevés sur le marché.

## Semis

Les semis peuvent se faire directement dans des blocs de laine de roche ou dans des plateaux remplis de vermiculite. Dans le deuxième cas, après la levée, on doit repiquer les plantules dans des blocs de laine de roche. Pour éviter d'endommager les racines, cette opération doit se faire promptement, car la germination des graines de concombre est rapide. La température de germination optimale pour les concombres est de 26–28 °C.

Les concombres lèvent 2–3 jours après les semis et, s'ils sont semés dans des plateaux, sont prêts à être repiqués dans des blocs au bout de 4–6 jours.

## Production des plants

Après le repiquage, maintenir jour et nuit une température de 23–25 °C pour favoriser un enracinement rapide. Par la suite, abaisser la température à 21 °C la nuit et ajuster la température diurne en fonction de l'intensité de la lumière. Pour éviter de nuire à la croissance des racines, il est très important de maintenir la température du bloc entre 21 et 23 °C et de veiller à ce que le bloc ne soit ni trop mouillé ni trop sec.

Pour rentabiliser l'espace au maximum, commencer par placer les blocs tout près les uns des autres, puis les écarter graduellement pour éviter les contacts entre les feuilles de plants différents. Cette pratique maximise l'interception de la lumière et contribue à garder le plant robuste et compact. L'utilisation d'appareils d'éclairage au sodium à haute pression d'une intensité de 40 watts/m<sup>2</sup> pendant 24 heures améliore la qualité des plants et réduit le temps nécessaire pour produire un plant prêt à être transplanté. L'enrichissement en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) (1000 ppm les jours

ensoleillés et 400 ppm les jours gris ou lorsqu'on utilise l'éclairage d'appoint) contribue à produire le plant recherché en moins de temps.

Le plant de concombre est prêt à être transplanté dans la serre de production lorsqu'il :

- compte 4–5 feuilles,
- mesure environ 25–30 cm de haut.

Pour obtenir un plant de cette taille, il faut le tuteurer (*planche 31*). Placer le tuteur dans le pot à côté du plant et utiliser des bandes élastiques ou des anneaux métalliques pour attacher le plant au tuteur. Quand vient le temps de la transplantation, les plants tuteurés sont moins vulnérables aux dommages occasionnés par leur déplacement et sont plus faciles à étirer le long du fil une fois dans la serre.

On peut aussi transporter les plants dans les serres de production au stade 3–4 feuilles. Parmi les avantages de déplacer les plants plus tôt, mentionnons :

- un séjour moins long dans la serre de démarrage;
- la possibilité d'utiliser des serres de démarrage plus petites.

Quand on place des plants plus jeunes directement dans la serre de production, il faut faire preuve de vigilance pour s'assurer de maintenir la bonne température et le bon degré d'humidité dans la zone racinaire. Commencer par placer les plants à côté de l'ouverture pratiquée dans le sac de laine de roche et les arroser au moyen du système d'irrigation goutte-à-goutte. Une fois que les plants ont 4–5 feuilles ou atteignent la taille de 25–35 cm, on peut les déplacer vers l'ouverture, ce qui permet aux racines de se développer dans le matelas.

## Espacement des plants

En général, les plants de concombre sont cultivés en doubles rangées séparées par une allée. Les tuyaux de chauffage sont situés dans l'allée, dans le cas d'un système de chauffage à eau chaude, et à l'intérieur des doubles rangées, dans le cas d'un système de chauffage à la vapeur. Prévoir une largeur de 140–170 cm pour les allées et un espace de 100–120 cm entre chacun des deux rangs formant une rangée double.

L'espacement des plants sur le rang dépend du système utilisé. En général, l'espacement est de 0,55–0,74 m<sup>2</sup>/

plant ou de 1,4–1,8 plant/m<sup>2</sup>. L'espacement plus grand par plant :

- améliore la qualité, la longueur et la couleur du fruit;
- diminue les coûts, le nombre de graines et la main-d'œuvre;
- maintient un rendement plus élevé (nombre de concombres/plant ou de concombres/m<sup>2</sup>).

### Substrat

La laine de roche et la fibre de coco sont les substrats les plus fréquemment utilisés en Ontario dans la culture du concombre. Le matelas pour concombres mesure 20 cm de large x 7,5 cm de haut x 90–100 cm de long. Avec un matelas de 90 cm de long, prévoir 2 plants/matelas; avec un matelas de 100 cm de long, prévoir 3 plants/matelas. Espacer les matelas à l'intérieur du rang de manière à obtenir la densité de peuplement souhaitée. L'utilisation de 3 plants/matelas nécessite moins de substrat.

Pour réduire encore davantage les coûts de substrat, envisager d'adopter le système de palissage en « V ». Dans ce système, les plants sont placés en rangées simples à partir desquelles ils sont palissés alternativement sur les deux fils suspendus, de manière à former deux rangées de tiges selon un espacement approprié (1,35–1,81 tige/m<sup>2</sup>). Ce système se prête bien à la recirculation de la solution nutritive.

Une fois les matelas de laine de roche mis en place, faire tremper les sacs dans une solution nutritive ayant une conductivité électrique (CÉ) de 2,0–2,5 mS/cm et un pH de 5,8 (voir la rubrique *Culture sur laine de roche*, p. 19). Immédiatement après la transplantation, irriguer la culture avec une solution nutritive complète (CÉ de 2,0 mS/cm, pH de 5,5) jusqu'à ce que les matelas soient entièrement saturés. Peu après la transplantation, couper les sacs pour permettre à l'excédent de solution de se drainer. Pendant les 2–3 jours qui suivent, n'arroser que s'il fait soleil. Par la suite, arroser selon les besoins de la culture (voir le chapitre 3, p. 22). Utiliser une solution nutritive renfermant une concentration accrue de calcium (10 %) entre le moment de la transplantation jusqu'à celui où les plants atteignent les fils de fer.

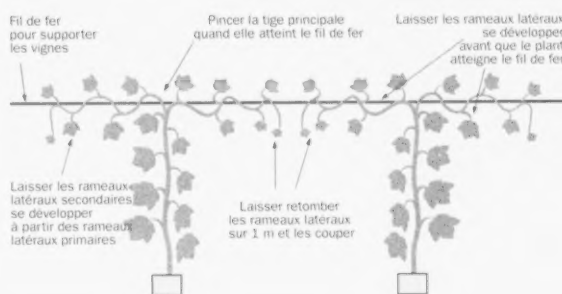
### Conduite de la culture

La taille en ombrelle modifiée est couramment utilisée en Ontario. Les plants sont palissés le long d'une ficelle tendue de la base du plant jusqu'au fil de fer suspendu horizontalement (à une hauteur de 1,9–2,0 m). Une fois que les plants atteignent le fil horizontal, deux solutions sont possibles.

#### Système 1

Pincer le point végétatif, en laissant une feuille au-dessus du fil. Laisser pousser deux rameaux latéraux à 1–2 nœuds sous le fil. Attacher ces tiges au fil de fer au moyen de crochets spéciaux ou en les enroulant autour du fil. Une fois que les rameaux latéraux comptent 3–4 nœuds, les laisser retomber. Pincer les rameaux latéraux primaires lorsqu'ils sont à peu près à mi-chemin du sol. Puis, laisser un autre rameau latéral se développer à la hauteur du fil et lui faire longer le fil de la même façon. Supprimer les rameaux latéraux primaires quand tous les fruits qu'ils ont produits ont été récoltés, afin que les rameaux latéraux secondaires aient de la place pour pousser. Répéter ce procédé pendant toute la saison de croissance. (Voir la figure 6-1, *Système 1 de taille des concombres*.)

Figure 6-1. Système 1 de taille des concombres

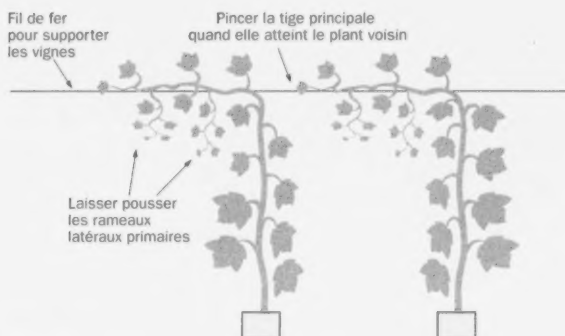


#### Système 2

Palisser la tige principale le long du fil de fer. Quand elle atteint le plant voisin, pincer le point végétatif et laisser les rameaux latéraux se développer au 2<sup>e</sup> et au 4<sup>e</sup> nœuds du coude. Laisser pendre ces rameaux latéraux. Les pincer lorsqu'ils sont à mi-chemin du sol, puis laisser la série de rameaux latéraux suivante se développer le long du fil à partir de la tige principale.

Répéter l'opération pendant toute la saison. (Voir la figure 6-2, *Système 2 de taille des concombres*.)

**Figure 6-2.** Système 2 de taille des concombres



Une fois la forme de base obtenue, la taille dépend par la suite de la vigueur du plant. Pour obtenir une bonne couleur de fruits, s'assurer que la lumière pénètre bien dans le plant. Pour ce faire :

- enlever une ou deux feuilles vertes saines des plants en phase végétative;
- palisser les rameaux latéraux de manière à ce qu'ils poussent vers le bas.

Durant la saison, enlever les feuilles sénescentes (qui vieillissent ou se sont asséchées) au-dessus du fil. Palisser un rameau latéral au-dessus et le long du fil de manière à ce qu'il soit bien exposé à la lumière. Ce rameau latéral en hauteur continuera de produire des fruits et d'engendrer de nouveaux rameaux latéraux pendant tout le reste de la saison.

Le palissage vertical en hauteur est une nouvelle technique utilisée par certains producteurs (surtout ceux qui cultivent des mini-concombres ou des concombres anglais sous lumière artificielle). La technique consiste à palisser les plants le long d'un fil tendu de la base des plants jusqu'à un fil de fer suspendu à 2,0–3,0 m de hauteur. On enroule les tiges ou on les fixe au fil de palissage à l'aide de pinces. Une fois par semaine, on enlève les feuilles du bas (comme on le fait dans le cas des tomates) pour améliorer la circulation d'air autour de la base des plants et exposer

le fruit dans le but d'en faciliter la récolte. Une fois que les points végétatifs atteignent le fil horizontal en hauteur, on procède à la descente des plants. On retire chaque semaine toutes les pousses latérales en laissant se développer une pousse latérale portant une feuille de manière à améliorer le micro-climat qui règne autour de la tête du plant. L'enlèvement des feuilles du bas élimine les feuilles infectées, réduit les sources d'agents pathogènes (dont l'agent responsable du blanc).

## Éclaircissage

L'éclaircissage des fruits est nécessaire pour s'assurer d'un bon équilibre entre le nombre de feuilles produites et le nombre de fruits en croissance. Si la phase végétative est trop accentuée (c.-à-d. que les feuilles sont trop nombreuses), la fructification et la récolte se trouvent retardées. Si la fructification est trop accentuée, les fruits sont en déséquilibre par rapport à la surface foliaire, de telle sorte que les jeunes fruits mettent plus de temps à parvenir à maturité et risquent de se déformer ou d'avorter. Ce déséquilibre se répercute sur la formation et la croissance des fleurs. Un plant équilibré affiche une production stable pendant toute la saison et un minimum de variations en dent-de-scie dans la production hebdomadaire. Utiliser le tableau 6-1, *Charge fruitière des jeunes plants de concombre*, comme guide pour équilibrer les jeunes plants.

Sur la tige principale, laisser se développer un seul fruit tous les deux nœuds. Sur les rameaux latéraux, laisser se développer un fruit par nœud. Si les plants sont palissés verticalement en hauteur, au départ, pendant qu'ils sont en pleine croissance, laisser se développer un fruit tous les deux nœuds. Par la suite, laisser se développer un fruit par nœud. La charge fruitière dépend du niveau d'éclairement et du moment de l'année même quand on a recours à la lumière artificielle.

**Tableau 6-1.** Charge fruitière des jeunes plants de concombre

	Hauteur du plant ou n° de feuilles avant le 1 <sup>er</sup> fruit	N° de fruits jusqu'au fil (2 m)
<b>Semis d'hiver</b> (déc., janv., févr.)	90-100 cm OU 10-12 feuilles	3-4
<b>Semis de printemps ou d'été</b> (avr., mai, juin)	80-90 cm OU 8-10 feuilles	5-8
<b>Fin d'automne</b> (oct., nov.)	90-100 cm OU 10-12 feuilles	3-4

## Climat

La température influence fortement le taux (ou vitesse) de croissance, la longueur du fruit, sa couleur et l'équilibre entre les phases végétative et de fructification des concombres apyrènes. Le réglage de la température moyenne sur 24 heures détermine le taux de croissance. La température moyenne optimale sur 24 heures est de 21 °C pour la culture des concombres. La variation des températures diurne et nocturne influence la morphologie du plant et modifie l'équilibre entre les phases végétative et de fructification (voir le chapitre 1, p. 1).

En général, il est bon d'avoir au départ une température moyenne sur 24 heures qui soit élevée et de veiller à ce qu'il y ait peu d'écart entre les températures diurne et nocturne, afin d'aider les plants à s'établir rapidement et à atteindre le fil en hauteur. On obtient ainsi des plants aux tiges plus fines, aux entre-nœuds plus longs et aux feuilles légèrement plus petites et plus minces et bien espacées. Par la suite, on abaisse la température la nuit pour favoriser le développement de rameaux latéraux plus épais et de fleurs fortes en se fiant à l'aspect des plants pour déterminer jusqu'à quel point et pendant combien de temps on doit abaisser les températures. On maintient une température plus basse pendant plus longtemps pour obtenir des tiges et des feuilles épaisses, tandis qu'on augmente la température pour en obtenir

de plus minces. (Voir les tableaux 6-2, *Régime de températures pour la culture du concombre*, p. 58, et 6-3, *CONCOMBRE : Résumé des recommandations culturales*, p. 59.)

Afin de minimiser la formation de condensation sur le fruit, élever graduellement la température de l'air à la fin de la nuit. Élever la température de 1 °C /heure en visant l'atteinte de la température diurne prévue au moins 30 minutes avant le lever du soleil. Éviter les changements de température brusques, car ils entraînent des variations considérables de l'humidité relative (HR) et du déficit de tension de vapeur (DTV).

De même, ne pas essayer d'abaisser rapidement la température ou l'HR par une augmentation brusque de la ventilation. Les fruits risqueraient de souffrir de blessures par le froid, de se tordre ou d'avorter. Un DTV entre 0,4 et 0,8 kPa minimise les risques de condensation et maintient la transpiration active du plant.

Les plants de concombre poussent vite. S'ils sont à maturité et chargés de fruits, ils peuvent, pendant l'été, utiliser jusqu'à 3-4 L d'eau/plant/jour. Appliquer en tout temps une solution nutritive complète. Dans les cultures sur laine de roche, la culture peut nécessiter jusqu'à 30 cycles d'irrigation par jour. Voir les tableaux 6-4, *Tableau de fertigation des concombres (ppm d'éléments nutritifs)*, p. 59, et 6-5, *Ingrédients (en poids) des solutions-mères (dilution de 1:100 nécessaire à l'obtention des solutions finales)*, p. 60, pour connaître le calendrier de fertilisation suggéré pour la culture des concombres en serre.

L'application d'une solution ayant une CÉ plus élevée augmente la qualité des fruits et leur durée de conservation. Éviter l'application excessive de solution nutritive à la zone racinaire étant donné que la saturation du substrat augmente l'incidence des diverses formes du pourridié pythien. Commencer l'arrosage 1-2 heures après le lever du soleil et y mettre fin 1-2 heures avant le coucher du soleil, afin d'assurer l'aération de la zone racinaire pendant la nuit. Il peut être nécessaire d'arroser la nuit, les nuits froides d'hiver lorsque la demande de chaleur est grande et l'HR dans

la serre, faible, ou les jours extrêmement ensoleillés et secs du printemps et de l'été. Un arrosage excessif de la culture donne des tiges molles vulnérables à des maladies comme la pourriture grise, le chancre gommeux ou la pourriture glauque. Voir le résumé des recommandations culturales dans le tableau 6-3, *CONCOMBRE : Résumé des recommandations culturales*, p. 59.

**Tableau 6-2.** Régime de températures pour la culture du concombre

	Jour	Nuit	Réglage commandant l'ouverture des orifices de ventilation*
<b>Après transplantation (3-4 jours) (°C)</b>	23-25	23-25	Aucun
<b>Jusqu'au fil (3 sem.) (°C)</b>	23-25	21-23	Augmenter de 2
<b>Jusqu'à ce que les fruits des rameaux latéraux primaires aient été récoltés (°C)</b>	23	21	Augmenter de 2
<b>Reste de la saison** (°C)</b>	23	17-21	Augmenter de 2

\* Augmenter la température de consigne commandant l'ouverture des orifices de ventilation du nombre de degrés indiqué.

\*\* À l'intérieur de la fourchette de températures nocturnes indiquée, régler la température en fonction du type de croissance recherché. Une température plus douce la nuit donne des plants plus grêles et une fructification plus rapide; des nuits plus fraîches donnent des plants plus robustes, des rameaux latéraux forts, une bonne floraison et une croissance plus lente.

## Récolte et entreposage

Selon des facteurs comme le cultivar, la lumière, la température, l'humidité et la fertilisation, la fleur du concombre met 10-14 jours pour devenir un fruit prêt à être récolté.

Pour être commercialisable, le fruit doit avoir au minimum une longueur de 28 cm et un diamètre de 4 cm. Pour cueillir le fruit, le couper, et non pas l'arracher du plant en tournant. Une coupe franche du pédoncule assure une cicatrisation rapide et diminue les risques de maladies. Pour empêcher les concombres d'atteindre un état de surmaturité, les récolter tous les deux jours. Une récolte quotidienne peut être nécessaire certaines semaines de l'été où la croissance des fruits est rapide.

Les concombres sans graines ont une peau qui offre peu de résistance au dessèchement, si bien qu'ils perdent leur eau très rapidement. Pour cette raison, on en prolonge la durée de conservation en les emballant sous pellicule rétractable. Ce type d'emballage permet aussi d'apposer une étiquette avec code à barres, Communiquer avec l'Ontario Greenhouse Vegetable Growers (OGVG) pour des détails concernant les catégories et les exigences d'étiquetage.

Entreposer les concombres à 13 °C, loin des courants d'air. Le fruit est extrêmement sensible à l'éthylène; aussi peu que 0,5 ppm d'éthylène suffit à faire jaunir les concombres. Éviter par conséquent de les placer dans des installations d'entreposage ou de les transporter dans des camions qui contiennent des fruits, comme les tomates ou les pommes, qui produisent de l'éthylène.



**Tableau 6-3.** CONCOMBRE : Résumé des recommandations culturales

	Germination	Production des plants	Transplantation	Stade de récolte	Récolte complète
<b>Température*</b>					
diurne (°C)	27-28	24	23-25	23	23
nocturne (°C)	27-28	21	23-25	21	17-21
<b>CÉ de la solution (mS/cm)</b>	0-1,0	1,0-2,5	2,0-2,5	2,5-3,0	2,1-2,8
<b>pH de la solution</b>	—	5,8	5,8	5,8	5,8
<b>Volume de solution nutritive (L/jour)**</b>	—	0,2-0,3	0,2-0,3	1,0-1,5	1,5-2,5
<b>Calendrier de fertilisation***</b>	—	A	B	C	D

\*Opter pour la valeur inférieure de la fourchette quand le niveau de lumière est faible.

\*\* Au besoin, selon la stratégie d'arrosage.

\*\*\*Voir le tableau 6-4, Tableau de fertigation des concombres (ppm d'éléments nutritifs), pour l'explication de ces codes.

D'après les données colligées par le personnel d'AAC et du MAAARO au Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles, Harrow, et par le personnel du MAAARO à la Station de recherche de Vineland, Vineland Station.

**Tableau 6-4.** Tableau de fertigation des concombres (ppm d'éléments nutritifs)

	N	NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	S*	Cl*	HCO <sub>3</sub>
<b>A. Saturation du matelas</b>	200	10	50	253	247	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120	0	25
<b>B. Les 4-6 sem. après les semis</b>	180	10	50	370	210	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120	0	25
<b>C. Apports normaux</b>	190	22	50	370	190	65	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120	0	25
<b>D. Forte charge fruitière</b>	210	22	50	370	190	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	120	0	25

\* Les engrais choisis pour composer la solution nutritive détermineront le niveau final de ces anions.

D'après les données colligées par le personnel d'AAC et du MAAARO au Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles, Harrow, et par le personnel du MAAARO à la Station de recherche de Vineland, Vineland Station.

**Tableau 6-5.** Ingrédients (en poids) des solutions-mères (dilution de 1:100 nécessaire à l'obtention des solutions finales)

Engrais	A*	B*	C*	D*
<b>kg/1000 L (dilution de 1:100)</b>				
Nitrate de calcium	112,11	92,67	82,11	82,11
Nitrate de potassium	25,72	31,5	40,89	56,27
Phosphate monopotassique	6,75	6,75	6,75	6,75
Sulfate de potassium	25,77	44,05	37,19	25,95
Sulfate de magnésium	66,0	66,0	66,0	66,0
Nitrate d'ammonium	0,0	4,0	8,0	8,0
<b>g/1000 L (dilution de 1:100)</b>				
Fer chélaté 13 %	407,69	407,69	407,69	407,69
Sulfate de manganèse	165,38	165,38	165,38	165,38
Sulfate de zinc	91,43	91,43	91,43	91,43
Borax	246,67	246,67	246,67	246,67
Sulfate de cuivre	16,0	16,0	16,0	16,0
Molybdate de sodium	10,87	10,87	10,87	10,87
CÉ souhaitée (mS/cm)	2,5-3,0	2,5-3,0	2,0-3,0	2,5-3,5
PH souhaité	5,8	5,8	5,8	5,8
Volume d'eau (L)**	0,25-0,5	0,5-1,0	2,0-3,0	2,0-3,0

\*Voir le tableau 6-4, Tableau de fertigation des concombres (ppm d'éléments nutritifs), pour l'explication de ces codes.

\*\* Au besoin, selon la stratégie d'arrosage.

D'après les données colligées par le personnel d'AAC et du MAAARO au Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles, Harrow, et par le personnel du MAAARO à la Station de recherche de Vineland, Vineland Station.

## 7. Poivron

La demande de poivrons de serre a augmenté en Ontario ces dernières années, si bien qu'une plus grande superficie est consacrée à cette culture qu'à celle du concombre. Les poivrons cultivés sont les rouges, les jaunes, les orangés et, dans une moindre mesure, les pourpres, tous des poivrons cueillis à pleine maturité. On note aussi un intérêt grandissant pour la culture en serre des poivrons verts à maturité, surtout depuis qu'ont été mis au point plusieurs nouveaux cultivars de poivrons qui restent verts à maturité.

### Cultivars

Choisir les cultivars en fonction du potentiel de rendement, du calibre, de la forme et de la qualité des fruits, des habitudes de la plante, de sa vigueur, de la couleur en demande sur le marché et de la tolérance aux maladies, surtout aux maladies d'origine virale. Le gros poivron carré, le rouge surtout, est le type le plus couramment cultivé.

Communiquer avec un spécialiste des légumes de serre du MAAARO ou un grainetier pour plus de détails sur les cultivars.

### Calendrier de culture

Comme les poivrons ont une croissance très lente, on étale le calendrier de production en serre sur toute l'année. En général, on fait les semis au début d'octobre, la transplantation dans la serre au début de décembre et on récolte les premiers fruits à compter de la mi-mars jusqu'à la fin novembre ou au début décembre.

Il n'est pas recommandé de poursuivre la culture du poivron durant l'hiver en vue d'une récolte pendant les mois de décembre, de janvier et de février, sans une source d'éclairage d'appoint, étant donné que le rayonnement est alors trop faible pour soutenir une production économiquement rentable. Les lampes au sodium à haute pression ne sont pas utilisées en Ontario, leur rentabilité n'ayant pas encore été démontrée.

### Semis

Utiliser de la semence de haute qualité provenant d'un grainetier reconnu. Semer les graines dans des micro-mottes de laine de roche en prenant soin au préalable de bien faire tremper les micro-mottes dans de l'eau claire ou une solution nutritive complète ayant un pH de 5,8 et une conductivité électrique (CÉ) de 1,0 mS/cm. Après le semis, recouvrir les micro-mottes de vermiculite moyenne, les humecter et les placer directement dans des chambres de germination ou les couvrir d'une pellicule de polyéthylène claire de 2 mil, puis les placer sur des tables chauffées par le dessous. La température de germination optimale est de 25–26 °C. Après la levée (au bout de 3–4 jours), retirer les micro-mottes de la chambre de germination ou enlever la pellicule de polyéthylène, puis abaisser la température à 23 °C. Repiquer les plantules une fois que les cotylédons sont entièrement déployés et que les feuilles vraies ont commencé à apparaître (environ 14–18 jours après les semis).

### Production des plants

Une fois que les blocs de laine de roche (10 cm x 10 cm x 7,5 cm) sont imbibés d'une solution nutritive complète (CÉ de 1,5–2,0 mS/cm; pH de 5,2), placer les plantules directement dans la cavité. Les placer soit tout droits ou pliés à 90° comme un bâton de hockey. De plus en plus d'exploitants plient la tige en lui donnant la courbure d'un bâton de hockey afin d'accroître la stabilité du plant dans le bloc de laine de roche. Ensuite, étendre de la vermiculite à la base de la tige pour mieux la faire tenir.

Pendant cette période, la température optimale est de 20 °C la nuit et de 21–23 °C le jour. (Utiliser la température diurne supérieure quand il fait soleil ou quand on recherche un taux de croissance accru.) Au besoin, fournir aux plants une solution nutritive complète (voir le chapitre 4, p. 35).

L'enrichissement carboné (700–800 ppm) et un éclairage d'appoint assuré par des lampes au sodium

à haute pression d'une intensité de 40 watts/m<sup>2</sup> améliorent considérablement la vigueur et la grosseur des plants, en plus de diminuer de 1–2 semaines le délai nécessaire à l'obtention du plant idéal. Les plants de poivron sont prêts à être transplantés lorsque le premier bouton floral (fleur centrale) est bien visible ou presque prêt à ouvrir au niveau de la première ramification du plant, ce qui survient habituellement 6–8 semaines après les semis (planche 32).

### Espacement des plants

Au départ, au stade de plantule, placer les blocs côte à côte pour économiser l'espace. Au fur et à mesure que les plants grossissent, écarter les blocs jusqu'à une densité finale de 18 plants/m<sup>2</sup> lorsqu'ils sont prêts à être transplantés dans la serre.

Dans la serre, une densité de peuplement de 3–3,5 plants/m<sup>2</sup> est optimale. Étant donné que les plants sont normalement taillés à 2 tiges, on obtient une densité de 6–7 tiges/m<sup>2</sup>. Disposer les plants dans la serre en rangées doubles en laissant 0,6 m entre chaque rangée et 0,9 m pour les allées. Ajuster l'espacement des plants sur la rangée de manière à obtenir la densité de peuplement voulue. La plupart des producteurs optent maintenant pour le système en « V », dans lequel des sacs de 95–100 cm reçoivent 6 plants chacun, ce qui donne une densité de 6,9–

6,6 tiges/m<sup>2</sup> (voir le chapitre 3, p. 21). Espacer les tiges de manière à obtenir la densité de peuplement souhaitée et les palisser de manière à assurer une pénétration maximale de la lumière.

### Substrat

En Ontario, la culture du poivron en serre se fait surtout sur laine de roche ou fibre de coco. Faire tremper le substrat dans une solution nutritive complète ayant un pH de 5,2 et une CÉ de 2,0 mS/cm. Après la transplantation, utiliser une solution nutritive ayant un pH suggéré de 5,2 et une CÉ de 2,0–2,5 mS/cm. Ajuster la CÉ en fonction de la vitesse de croissance et de la quantité de lumière disponible. Une CÉ trop faible donne des plants plus faibles qui sont plus vulnérables aux maladies. Une CÉ trop élevée ralentit la croissance, ce qui donne des entre-nœuds plus courts, des tiges plus grêles et des feuilles minces et petites. Éviter que le feuillage ne soit trop restreint, sous peine de voir les fruits exposés au soleil et souffrir d'insolation (planches 33, 34).

La gestion de l'humidité des blocs est importante pour réduire l'accumulation des sels à la base des plants, cause du pied d'éléphant (planche 35). Les lésions causées par les sels peuvent constituer des points d'entrée pour des agents pathogènes responsables de la pourriture de la tige, notamment *Fusarium*. Durant le cycle de production, utiliser une solution nutritive

**Tableau 7-1.** Tableau de fertigation des poivrons (ppm d'éléments nutritifs)

	N	NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	S*	Cl*	HCO <sub>3</sub>
<b>A. Saturation du matelas</b>	200	10	50	253	247	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	100–150	50	25
<b>B. Les 4–6 sem. après les semis</b>	180	10	50	370	190	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	100–150	50	25
<b>C. Apports normaux</b>	190	22	50	370	190	65	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	100–150	50	25
<b>D. Forte charge fruitière</b>	210	22	50	370	190	75	0,8	0,55	0,33	0,5	0,05	0,05	100–150	50	25

\* Les engrais choisis pour composer la solution nutritive détermineront le niveau final de ces anions.

D'après les données colligées par le personnel d'AAC et du MAAARO au Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles, Harrow, et par le personnel du MAAARO à la Station de recherche de Vineland, Vineland Station.

**Tableau 7-2.** Ingrédients (en poids) des solutions-mères (dilution de 1:100 nécessaire à l'obtention des solutions finales)

Engrais	A*	B*	C*	D*
<b>kg/1000 L (dilution de 1:100)</b>				
Nitrate de calcium	112,11	82,11	82,11	82,11
Nitrate de potassium	25,72	42,43	40,89	56,27
Phosphate monopotassique	6,75	6,75	6,75	6,75
Sulfate de potassium	25,77	36,06	37,19	25,95
Sulfate de magnésium	66,0	66,0	56,0	66,0
Nitrate d'ammonium	0,0	1,0	8,0	8,0
<b>g/1000 L (dilution de 1:100)</b>				
Fer chélaté 13 %	407,69	407,69	407,69	407,69
Sulfate de manganèse	165,78	165,78	165,78	165,78
Sulfate de zinc	91,43	91,43	91,43	91,43
Borax	246,67	246,67	246,67	246,67
Sulfate de cuivre	16,0	16,0	16,0	16,0
Molybdate de sodium	10,87	10,87	10,87	10,87
CÉ souhaitée (mS/cm)	2,5–3,0	3,0–3,5	2,5–3,5	2,5–3,5
PH souhaité	5,2–5,8	5,2–5,8	5,2–5,8	5,2–5,8
Volume d'eau (L)**	0,25–0,50	0,5–1,0	1,0–2,0	1,5–2,5

\*Voir le tableau 7-1, Tableau de fertigation des poivrons (ppm d'éléments nutritifs), pour l'explication de ces codes.

\*\*Au besoin, selon la stratégie d'arrosage.

D'après les données colligées par le personnel d'AAC et du MAAARO au Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles, Harrow, et par le personnel du MAAARO à la Station de recherche de Vineland, Vineland Station.

ayant un pH de 5,2–5,5 et une CÉ de 2,0–3,0 mS/cm. Maintenir dans la matelas un pH de 5,8 et une CÉ de 2,5–3,5 mS/cm (voir la rubrique *Culture sur laine de roche*, p. 19). Pour réduire la CÉ, augmenter la quantité d'eau fournie aux plants en gardant à l'esprit toutefois que trop d'eau risque de nuire à la croissance des racines. Pour augmenter la CÉ, réduire la quantité d'eau en gardant à l'esprit dans ce cas qu'il peut s'ensuivre un déséquilibre hydrique responsable de la nécrose apicale.

Appliquer la solution nutritive à 18–22 °C, tel qu'il est indiqué dans les tableaux 7-1, *Tableau de fertigation des poivrons (ppm d'éléments nutritifs)*, et 7-2, *Ingrédients (en poids) des solutions-mères (dilution de 1:100 nécessaire à l'obtention des solutions finales)*. Commencer l'irrigation 1–2 heures après le lever du soleil et l'arrêter 1–2 heures avant le coucher du soleil. Il arrive qu'il faille arroser la nuit, surtout quand on chauffe beaucoup la serre les nuits froides et venteuses et/ou lorsque l'humidité relative (HR) est faible dans la serre.



## Taille et palissage

Les plants de poivrons comportent naturellement de nombreuses tiges. Les jeunes plants se ramifient après plusieurs semaines de croissance, habituellement vers le stade 6–8 feuilles. Par la suite, à chaque nœud, un bouton floral et une pousse latérale se forment. Il faut les supprimer de manière à obtenir un plant à 2 tiges (environ 2 semaines après la transplantation). Enlever les pousses latérales en les pinçant ou en les coupant à l'aide d'un couteau tranchant. Procéder ainsi tous les 10–14 jours. Garder les premiers fruits à partir du 2<sup>e</sup> ou du 3<sup>e</sup> nœud après la première fourche. Supprimer les fleurs à la main ou en jouant sur les températures (voir sous *Climat*, p. 64). Pour laisser le temps à la plante de bien se développer avant d'encourager la fructification, ne pas laisser la fleur centrale former un fruit.

On doit parfois laisser les pousses latérales se développer. Pour augmenter la surface foliaire, il est possible de tailler la pousse latérale de manière à laisser une feuille se former. Cette pratique peut aussi prévenir l'insolation (voir sous *Climat*, p. 64). Dans certains cas, on peut laisser une fleur au premier nœud de la pousse latérale former un fruit de manière à ce qu'un fruit se développe à tous les niveaux (nœuds), surtout si la fleur au nœud de la tige principale fait défaut de se former.

Il faut palisser les plants de poivron à l'aide de ficelles retenues à la base du plant par un nœud lâche, non coulant, qu'on attache aux fils métalliques situés à 3,7–4,6 m en hauteur. Tous les 10–14 jours, enrouler la ficelle autour du plant pour former une spirale lâche. Dans les serres dépourvues de fils métalliques en hauteur, on peut descendre les plants de poivron comme on le fait pour les plants de tomate (voir le chapitre 5, p. 42). Cette pratique s'assortit d'un moins bon rendement que le palissage en hauteur.

## Climat

De nature, les plants de poivron sont lents à pousser. Ils ont besoin de températures élevées et d'un programme de fertilisation équilibré pour maintenir une vitesse de croissance raisonnable. La qualité des fruits et le rendement dépendent de la capacité du

plant à produire de grosses fleurs bien formées sur des plants vigoureux. Les fleurs qui se forment sur des plants faibles sont habituellement plus petites, peu colorées et ont tendance à tomber ou, si elles se transforment en fruits, donnent des fruits de plus petit calibre et mal formés. Une mauvaise pollinisation qui débouche sur une fructification qui laisse à désirer entraîne aussi la production de fruits difformes.

Après la transplantation dans les matelas, maintenir les températures de l'air à 23 °C le jour et à 21 °C la nuit pendant une semaine, afin de favoriser une forte croissance végétative et un établissement rapide des racines. Ce régime de températures initial décourage la fructification, au profit d'un plant plus équilibré (voir sous *Fructification*, ci-dessous). À peu près 7–10 jours après la transplantation, abaisser graduellement la température nocturne à 18–20 °C, afin de favoriser la formation de fleurs fortes et une bonne fructification. Pour équilibrer le rapport entre la surface foliaire et la charge fruitière, jouer sur la température nocturne afin d'influencer la floraison et la fructification. Se rappeler qu'une température plus fraîche la nuit encourage la phase de fructification (formation des fleurs), tandis qu'une température élevée la nuit encourage la phase végétative.

Une température de ventilation de 2–3 °C au-dessus du point de consigne pour le chauffage est généralement recommandée, mais peut être modifiée pour maintenir un niveau d'HR optimal. Un déficit de tension de vapeur (DTV) de 0,4–0,7 kPa est recommandé. À la température de croissance suggérée, l'HR se situe ainsi autour de 70–80 %. Dans les premiers stades de croissance, l'HR peut être trop faible, obligeant à recouvrir la culture d'une pellicule de polyéthylène clair de 2 mil, comme écran emprisonnant l'humidité et la chaleur, afin d'élever l'HR. On peut aussi recourir à la nébulisation ou à la brumisation pour élever l'HR. Se méfier toutefois des niveaux d'HR trop élevés qui augmentent les risques de maladies.

Il est difficile de maintenir une fructification continue chez les plants de poivrons. Leur culture doit se faire dans des serres qui sont dotées de bons dispositifs de régulation du climat et qui sont hautes d'au moins 4,5 m. Même s'il est possible d'utiliser un système de

chauffage à air pulsé bien conçu (c.-à-d. qui distribue l'air par des bouches de soufflage entre les rangs), ce type de système nécessite une surveillance et des réglages fréquents si l'on veut maintenir de bonnes conditions dans la serre.

Le maintien de conditions idéales pendant les périodes de chaleur et de fort ensoleillement favorise la formation d'un bon feuillage et minimise la nécrose apicale et l'incidence d'insolation. Afin de maintenir les conditions recherchées dans la serre pendant l'été, un écran quelconque est nécessaire pour protéger la culture du soleil. Un écran amovible ou écran d'ombrage qu'on ferme lorsque les niveaux de lumière et de température sont élevés diminue le stress imposé aux plants. Une autre solution consiste à blanchir le toit de la serre à la chaux. On applique pour ce faire un lait de chaux de faible concentration vers la fin avril ou le début mai, et on répète l'opération entre le début et le milieu de juin. Vers la fin août, on enlève l'enduit de lait de chaux afin de maximiser la pénétration de la lumière pendant l'automne.

Permettre à une dernière feuille de se développer à l'extrémité des pousses latérales une fois qu'une feuille unique s'est développée. Cette dernière feuille améliorera le micro-climat entourant le point de croissance en plus de procurer de l'ombre au fruit en croissance pour le protéger de l'insolation. (Voir le tableau 7-3, *POIVRON : Résumé des recommandations culturales*.)

### Fructification

Les plants de poivron ont tendance à fleurir à chaque nœud et à former des fruits par poussée au rythme d'environ 4 fruits/tige. Les fleurs aux 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> nœuds suivants avorteront et le plant formera à nouveau des fruits. La modification des conditions dans la serre en vue d'améliorer l'équilibre des plants réduit au minimum le laps de temps entre deux poussées. Le fait d'enlever les fleurs et/ou les fruits de piètre qualité aide aussi à équilibrer le plant et à s'assurer d'une récolte stable.

Supprimer les fleurs en deçà du 2<sup>e</sup> ou du 3<sup>e</sup> nœud dès le début de leur formation. On s'assure ainsi d'obtenir un plant possédant suffisamment de surface foliaire

pour soutenir la charge fructifère en développement sans diminution de la vitesse de croissance ni retard dans le développement des fruits. Une fructification trop hâtive donne des fruits dont le calibre et la forme laissent à désirer et qui sont plus vulnérables à la nécrose apicale.

### Récolte et entreposage

Récolter les poivrons de serre lorsqu'ils sont colorés à plus de 80 %. Les poivrons verts sont récoltés à maturité, c.-à-d. quand ils atteignent le calibre prévu et qu'ils changent de teinte de vert. On obtient un rendement financier optimal lorsqu'on récolte les poivrons une fois qu'ils sont tout à fait colorés. Les récolter trop tôt retarderait leur coloration et abrégerait leur durée de conservation.

Récolter les poivrons de serre en coupant le pédoncule à l'aide d'un petit couteau bien tranchant. Une coupe propre et lisse réduit les risques d'introduction d'agents pathogènes et confère une belle apparence au fruit récolté. Couper tous les pédoncules à égalité avec la tige principale, afin de favoriser une cicatrisation rapide et de réduire les risques de maladies comme la pourriture fusarienne de la tige et du fruit ou la pourriture grise.

Classer les fruits par grosseur et par couleur de façon à offrir un produit uniforme et attrayant. Au besoin, entreposer les poivrons à 7-8 °C. L'éthylène qui se dégage des fruits et légumes entreposés avec les poivrons peut provoquer un mûrissement accéléré du poivron, ce qui en réduit la durée de conservation et nuit à sa commercialisation.

**Tableau 7-3. POIVRON : Résumé des recommandations culturales**

	Germination	Production des plants	Transplan-tation	Stade de récolte	Récolte complète
<b>Température*</b>					
diurne (°C)	25	21-23	24	21-24	21-23
nocturne (°C)	25	20-21	21	18-21	17-18
<b>CÉ de la solution (mS/cm)</b>	0,0-1,0	1,0-2,0	1,5-2,5	2,0-3,0	2,0-3,0
<b>pH de la solution</b>	5,2-5,8	5,2-5,8	5,2-5,8	5,2-5,8	5,2-5,8
<b>Volume de solution nutritive (L/jour)**</b>	—	0,2-0,3	0,2-0,3	0,5-1,5	1,5-2,0
<b>Calendrier de fertilisation***</b>	—	A	B	C	D

\*Opter pour la valeur inférieure de la fourchette quand le niveau de lumière est faible.

\*\* Au besoin, selon la stratégie d'arrosage.

\*\*\*Voir le tableau 7-1, Tableau de fertigation des poivrons (ppm d'éléments nutritifs), pour l'explication de ces codes.

D'après les données colligées par le personnel d'AAC et du MAAARO au Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles, Harrow, et par le personnel du MAAARO à la Station de recherche de Vineland, Vineland Station.

## 8. Laitue

La production commerciale de laitue en serre se fait principalement au moyen de systèmes de culture hydroponique. Dans le passé, la culture sur sol se pratiquait beaucoup, surtout après une culture de printemps sur sol de la tomate. On gardait ainsi la main-d'œuvre occupée et on s'assurait de rentrées d'argent supplémentaires. Toutefois, le passage à la monoculture et à la culture hydroponique de la tomate a mis un terme à cette pratique. À l'heure actuelle, les producteurs de laitue produisent exclusivement de la laitue.

La laitue de serre est commercialisée dans des créneaux du marché, notamment celui des grands restaurants et des marchés de fruits et légumes, bien qu'une quantité de plus en plus grande de laitues soient acheminées vers les supermarchés.

Pour obtenir une moyenne de 1000 pommes de laitue par semaine, il faut compter sur une superficie de 325 m<sup>2</sup>. Une exploitation de taille moyenne couvre environ 2500 m<sup>2</sup>. Le gros de la production se fait suivant la technique de culture sur film nutritif. Suivant cette technique, on fait couler continuellement sur les racines un film nutritif soumis à la recirculation.

La réussite au niveau de la commercialisation de la laitue de serre passe par un système conçu pour assurer un approvisionnement constant. Il faut pour cela se doter d'un système de culture à deux phases qui comporte :

- une section réservée aux semis hebdomadaires et à la culture des plants repiqués;
- une section de culture où les plants sont amenés jusqu'à maturité, puis récoltés.

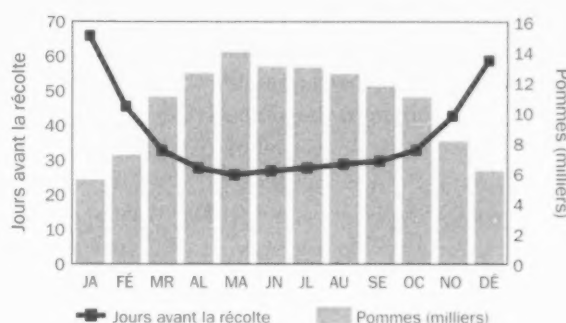
Il est possible d'avoir au total 8–10 cycles de production par année (voir la figure 8-1, *Prévision de rendement de la laitue pour le sud-ouest de l'Ontario*).

### Cultivars

À l'heure actuelle, la laitue beurre — connue sous les noms de laitue Boston ou de laitue Bibb — est le principal type de laitue cultivé en serre. Ce type

de laitue forme une pomme peu serrée, constituée de petites feuilles tendres entourées de feuilles enveloppantes plus grandes. Pour plus de détails sur les cultivars, communiquer avec un spécialiste des légumes de serre du MAAARO ou s'adresser à un grainetier.

**Figure 8-1.** Prévision de rendement de la laitue pour le sud-ouest de l'Ontario



### Semis

Remplir les plateaux avec un mélange de tourbe et de perlite et les faire tremper dans de l'eau claire à 18 °C avant les semis afin d'éviter de déranger la distribution des graines. Ensemencer les plateaux en disposant la semence à la surface du substrat, puis en la recouvrant d'une couche mince de tourbe fine. Couvrir ensuite les plateaux d'une pellicule de polyéthylène clair de 2 mil pour retenir l'humidité dans le substrat. La température de germination optimale est de 15–18 °C. Les graines de laitue risquent de ne pas germer si la température est trop élevée. Cela est particulièrement vrai l'été. Réduire la température en ombrageant la surface de germination ou en recourant à la brumisation.

Dans certains cas, la culture peut être semée directement dans des cubes Oasis ou dans des mini-blocs de laine de roche ou encore dans des pastilles de tourbe comprimée servant au départ des cultures forestières. Pour les semis dans des cubes Oasis ou des mini-blocs de laine de roche, procéder de la même

façon que pour les semis dans des plateaux (voir ci-dessus). Dans le cas des pastilles de tourbe comprimée, placer les pastilles dans un plateau et les faire tremper dans de l'eau du robinet. Une fois que les pastilles ont fini de gonfler, y déposer la semence de laitue dans les ouvertures sur le dessus.

## Production des plants

Après la sortie des premières feuilles vraies (7–10 jours), choisir les meilleures plantules des plateaux et les repiquer dans des micro-mottes d'Oasis ou de laine de roche (3 cm x 3 cm x 3 cm). Arroser les plantules avec une solution nutritive complète diluée (conductivité électrique [CÉ] de 1,0–1,5 mS/cm et pH de 6,0) par brumisation ou par sub-irrigation. Une fois que les plantules atteignent la hauteur souhaitée, placer les micro-mottes dans les rigoles du système de culture sur film nutritif. Y placer aussi, de la même façon, les blocs dans lesquels les graines ont été directement semées, une fois que les plantules ont atteint la hauteur souhaitée.

Maintenir la température à 15–18 °C, utiliser un éclairage d'appoint au moyen de lampes au sodium à haute pression d'une intensité de 40 watts/m<sup>2</sup> pour obtenir une photopériode de 24 heures, et recourir à l'enrichissement en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) pour maintenir un taux de 1000 ppm. Particulièrement sous les faibles intensités lumineuses des journées d'hiver et des jours gris, la photopériode de 24 heures améliore la croissance des plants et permet de les transplanter plus tôt.

Déplacer les jeunes plants dans les rigoles permanentes une fois que 3–4 feuilles sont sorties (habituellement 3–4 semaines après les semis). Selon le rayonnement solaire saisonnier, la température de croissance et l'enrichissement en CO<sub>2</sub>, la récolte peut commencer 4–8 semaines plus tard. Durant l'été, l'intervalle entre les semis et la récolte peut être aussi court que 7–8 semaines, tandis que l'hiver, il peut aller jusqu'à 11–12 semaines.

## Espacement des plants

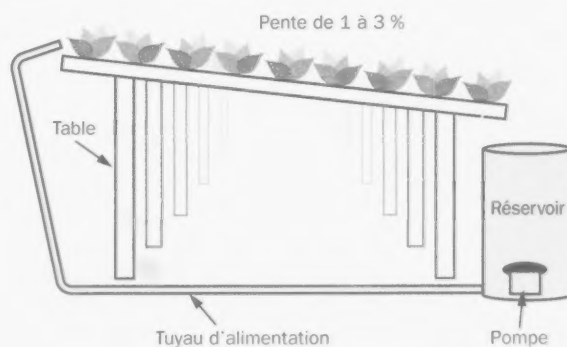
Pour un maximum d'efficacité, on règle l'espacement des plants en fonction de leur âge ou de leur taille.

Dans les premiers stades de croissance, on garde les plants rapprochés les uns des autres (selon un espacement de 100 cm<sup>2</sup> ou de 10 cm x 10 cm), puis, quand les feuilles se touchent, on les distance davantage (selon un espacement de 400 cm<sup>2</sup> ou de 20 cm x 20 cm) jusqu'à la récolte.

## Production de la culture

Il existe de nombreux types de rigoles qui servent à la culture sur film nutritif de la laitue. Celles-ci vont du simple conduit de descente de gouttière ou du tuyau de drainage en PVC de 10 cm (4 po) au conduit extrudé à fond cannelé et supports à plants intégrés. Dans tous les cas, la rigole offre une canalisation pour la recirculation de la solution nutritive et un support permettant de placer les plants (habituellement un couvercle à travers lequel le plant est installé). La rigole doit être suffisamment rigide pour permettre son déplacement visant à régler l'espacement des plants au fur et à mesure de la croissance, ainsi que pour permettre sa désinfection entre les cycles de culture (figure 8–2, *Système de culture sur film nutritif de la laitue*).

**Figure 8–2.** Système de culture sur film nutritif de la laitue



Comme l'aération des racines est importante, le système doit être conçu de manière à faire s'écouler rapidement un mince film de solution nutritive. Si l'écoulement est trop abondant, un plus grand nombre de racines se trouvent submergées, ce qui prive les racines d'oxygène. Ces racines sont alors faibles, brunes, cassantes et vulnérables aux infections microbiennes.



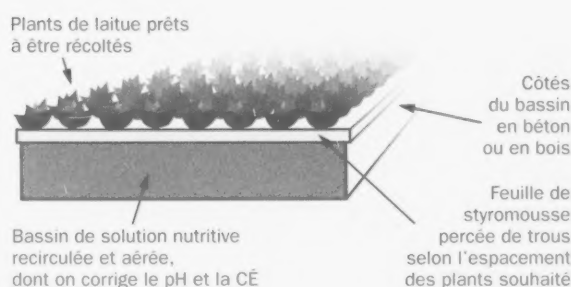
On injecte de l'air dans la solution nutritive à l'aide d'une petite pompe qui assure le retour de la solution dans le bassin et d'une structure en hauteur semblable à une pomme de douche. On peut aussi utiliser un aérateur – dispositif qui injecte de l'air dans la solution au moment où elle est retournée au bassin. Pour assurer une meilleure aération et un meilleur mélange de la solution, concevoir la conduite de retour et le bassin collecteur de manière à ce que l'eau soit projetée en faisant des éclaboussures dans le bassin.

Le bassin collecteur doit être d'une capacité de 1000–1500 L/1000 m<sup>2</sup> pour offrir une réserve de solution qui soit suffisante tout en permettant une réaction rapide à un réglage de la conductivité électrique (CÉ) et du pH. Un bassin trop grand risque de ne pas permettre de réagir rapidement aux apports automatiques de fertilisant et d'acide en cours de production. Maîtriser automatiquement les niveaux de pH et de CÉ pour assurer des fourchettes optimales de CÉ et de pH et réduire les fluctuations de CÉ responsables de la brûlure de la pointe. Le niveau de CÉ de la solution nutritive varie selon la période de l'année, le stade de croissance, le cultivar et la vitesse de croissance. Les tableaux 8-1, *Tableau de fertigation de la laitue cultivée sur film nutritif (ppm d'éléments nutritifs)*, p. 70, et 8-2, *Ingrédients (en poids) des solutions-mères (dilution de 1:100 nécessaire à l'obtention des solutions finales)*, p. 71, fournissent un calendrier de fertigation applicable à la culture de la laitue.

La culture en bassin (aussi appelée « à flotteur mobile ») est un autre système de culture de la laitue en serre (figure 8-3, *Système de culture en bassin*). Ce système repose sur l'utilisation de feuilles de styromousse percées de trous à intervalles fixés en fonction de la densité de peuplement souhaitée. Ces feuilles flottent à la surface de bassins de solution nutritive. Voici différentes formes que peuvent prendre les bassins :

- parois de bois traité sous pression de 5 cm x 15 cm disposées en forme de patinoire pour le hockey et revêtues de plastique;
- bassins de béton construits de 30 cm de profondeur qui font toute la longueur et la largeur de la serre;
- tables à marée modifiées de manière à maintenir une profondeur de solution de 3–5 cm.

**Figure 8-3.** Système de culture en bassin



La solution nutritive est recirculée, aérée et modifiée par des apports d'engrais et d'acides afin d'en maintenir la teneur voulue en éléments nutritifs. La longueur et la largeur des bassins peuvent varier en fonction des dimensions de la serre ou des matériaux utilisés. Ce système de culture donne de très bons résultats.

### Climat

Modifier les régimes de températures du cycle de culture selon le rayonnement solaire saisonnier, le cultivar, la vitesse de croissance souhaitée et la date de récolte. En général, maintenir les températures la nuit à 15–18 °C et régler la température diurne en fonction du rayonnement, soit dans la plage de 18–19 °C les jours gris, et de 19–22 °C les jours ensoleillés. Commencer à recourir à la ventilation dès que la température dépasse de 1–2 °C la température de consigne. Régler les régimes de températures de manière à maintenir l'objectif de production hebdomadaire, mais veiller à ce que les changements de températures se fassent graduellement, afin de prévenir l'incidence de maladies ou de brûlure de la pointe.

La laitue peut être cultivée comme culture de saison froide (10 °C la nuit et 15–18 °C le jour), surtout l'hiver lorsque le rayonnement est faible. Toutefois, l'intervalle avant la récolte se trouve alors prolongé. Conserver l'humidité relative (HR) à 75–85 % ou le déficit de tension de vapeur (DTV) à 0,4–0,8 kPa. Durant l'été, lorsque les températures extérieures sont élevées, faire tout ce qui est possible pour maintenir une température plus basse dans la serre, car la qualité

des feuilles ou des pommes de laitue se ressent de températures trop élevées.

Protéger la serre des rayons du soleil par un écran d'ombrage amovible ou blanchir l'extérieur de la serre au lait de chaux. Utiliser des systèmes de refroidissement avec ventilateurs et tapis humide ou des systèmes de brumisation à haute pression pour maintenir les températures fraîches. Éviter de créer des conditions qui donnent lieu à la formation d'eau libre sur les feuilles ou à une réduction de la transpiration.

Recourir à l'éclairage d'appoint fourni par des lampes au sodium à haute pression ( $>40$  watts/m<sup>2</sup>) durant l'hiver et les périodes de temps couvert, afin d'obtenir une photopériode de 18 heures. Garder les taux de CO<sub>2</sub> à 1000 ppm durant les périodes où la serre est baignée de lumière, qu'il s'agisse de lumière naturelle ou artificielle.

## Récolte et entreposage

Une fois que la laitue a atteint sa taille de marché (250 g), retirer des rigoles les plants avec leurs racines et les insérer, racines premières dans un sac en polyéthylène. Attacher les racines à l'aide d'un élastique, mais laisser le sac ouvert autour de la pomme. Il existe aussi des blisters double coque dotés d'une petite cavité pour les racines. Si on récolte la laitue sans les racines, on la dépose dans un sac, le dessous en premier sans refermer le sac. On expédie les sacs de laitue dans des caisses de 12–18 pommes.

La qualité de la laitue se détériore rapidement si les conditions d'entreposage laissent à désirer. On entrepose la laitue à 2–4 °C à un taux d'HR élevé (80–90 %). Des températures sous le point de congélation endommagent le produit et des températures trop élevées font en sorte que la croissance foliaire se poursuit, ce qui rend le produit moins attrayant. Entreposer la laitue loin des produits dégageant de l'éthylène, car l'éthylène cause l'apparition de taches brunes sur les nervures (voir sous *Rousselure nervale*, p. 98).

**Tableau 8-1.** Tableau de fertigation de la laitue cultivée sur film nutritif (ppm d'éléments nutritifs)

	N	NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	S	Cl	HCO <sub>3</sub>
<b>Tous les stades</b>	200	10	50	400	200	55	6	1	0,5	0,5	0,05	0,05	120	100	25

*D'après les données colligées par le personnel d'AAC et du MAAARO au Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles, Harrow, et par le personnel du MAAARO à la Station de recherche de Vineland, Vineland Station.*

**Tableau 8-2.** Ingrédients (en poids) des solutions-mères (dilution de 1:100 nécessaire à l'obtention des solutions finales)

Engrais	kg/1000 L (dilution de 1:100)
Nitrate de calcium	87,37
Nitrate de potassium	52,56
Phosphate monopotassique	6,75
Sulfate de potassium	20,41
Chlorure de potassium	14,17
Sulfate de magnésium	4,6
Nitrate d'ammonium	0,74
	<b>g/1000 L (dilution de 1:100)</b>
Fer chélaté 13 %	4 620,0
Sulfate de manganèse	380,77
Sulfate de zinc	142,86
Borax	326,67
Sulfate de cuivre	16,0
Molybdate de sodium	10,87
CÉ souhaitée (mS/cm)	2,2-3,0
PH souhaité	6,2-6,5
Volume d'eau (L)	s.o.

*D'après les données colligées par le personnel d'AAC et du MAAARO au Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles, Harrow, et par le personnel du MAAARO à la Station de recherche de Vineland, Vineland Station.*



## 9. Aubergine

Destinée aux marchés à créneaux, l'aubergine est une nouvelle culture dans les serres de l'Ontario. Comme la tomate et le poivron, l'aubergine appartient à la famille des solanacées et réclame les mêmes conditions de croissance. Le fruit peut aller de piriforme, sa forme classique, à long et cylindrique. Sa couleur peut aller d'un violet foncé presque noir au blanc, en passant par des teintes plus claires de violet. Certains fruits sont striés de violet et de blanc.

### Cultivars

Choisir les cultivars en fonction du rendement et en fonction de la grosseur, de la forme et de la couleur du fruit en demande sur le marché. Faire porter le choix sur les cultivars qui ont de bonnes habitudes de croissance, qui affichent une bonne tolérance et une bonne résistance aux maladies et qui ont le moins d'épines possible. Choisir un porte-greffe (habituellement de tomate) qui convient au type de serre et au calendrier de culture.

Pour plus de détails sur les cultivars, communiquer avec un spécialiste des légumes de serre du MAAARO ou s'adresser à un grainetier.

### Calendrier de culture

La culture de l'aubergine dure une saison (culture de saison longue ou culture de saison courte). Voir le tableau 9-1, *Calendrier de culture de l'aubergine comme*

*culture de saison longue*. La plupart des producteurs produisent les aubergines de saison longue sur des porte-greffes dont ils établissent les dates de semis de manière à obtenir des tiges de diamètre comparable à celui des cultivars retenus (greffons).

### Semis

Faire tremper les micro-mottes de laine de roche dans de l'eau ou une solution nutritive complète ayant un pH de 5,8 et une conductivité électrique (CÉ) de 1,0 mS/cm. Semer les graines dans les micro-mottes. Une fois le semis terminé, on peut soit le recouvrir de vermiculite moyenne, faire tremper les micro-mottes, puis les placer dans une chambre de germination, soit le recouvrir d'une pellicule de polyéthylène clair de 2 mil et le placer sur une table. La température de germination optimale de l'aubergine est de 25–26 °C. La levée se fait 6–8 jours plus tard et les plants sont prêts à être repiqués dans les blocs après 3–4 journées de plus.

### Production des plants

Après le repiquage, maintenir la température dans la serre à 19–22 °C le jour et à 18–19 °C la nuit. Les jours ensoleillés, on peut laisser la température s'élever de 1–2 °C de plus. Arroser les plants jusqu'à saturation des blocs quand ceux-ci ont perdu 50 % de leur poids (voir le chapitre 3, p. 22). Utiliser en tout temps une solution nutritive complète ayant une CÉ de

**Tableau 9-1.** Calendrier de culture de l'aubergine comme culture de saison longue

Type de culture	Semis	Transplantation	Première récolte	Fin de la récolte
Pleine saison	Fin nov.–début déc.	Mi-janv.–fin janv.	Mi-mars–fin mars	Fin nov.–début déc.



2,5–3,5 mS/cm et un pH de 5,5. Le volume et la CÉ de la solution nutritive doivent reposer sur la lumière, la température et le déficit de tension de vapeur (DTV) dans la serre, ainsi que sur la taille des plants (voir le chapitre 3, p. 22). Le plant est prêt à être déplacé dans la serre de production quand il a atteint une hauteur de 25–30 cm.

### Espacement des plants

Opter pour un espacement de 2,7 plants/m<sup>2</sup> et de 2–3 tiges/plant, ce qui donne 5–8 tiges/m<sup>2</sup>. Comme les tiges des plants d'aubergine ne sont pas souples, elles compliquent la descente des plants. Pour abaisser la hauteur des plants, laisser les tiges s'allonger davantage.

### Substrat

Les principaux substrats utilisés sont la laine de roche et la fibre de coco. Avant les semis, faire tremper le substrat dans une solution ayant un pH de 5,8 et une CÉ de 2,5 mS/cm. Après les semis, hausser graduellement la CÉ de la solution nutritive jusqu'à 3,0 mS/cm. Lors des arrosages ultérieurs, rectifier la CÉ de la solution nutritive en tenant compte du moment de l'année, de l'éclairement, des conditions climatiques à l'extérieur, de la grosseur des plants, de l'aspect et de la vitesse de croissance recherchés ainsi que de la température et du DTV dans la serre (voir le chapitre 3, p. 22). Les mêmes facteurs doivent être pris en compte dans la détermination du volume de solution à appliquer. Maintenir la CÉ du substrat entre 2,5 et 3,5 mS/cm en réglant le pourcentage de percolation.

### Taille et palissage

Supporter les plants à l'aide de ficelles attachées à la base du plant et tendues jusqu'à un fil de métal suspendu à 3–3,5 m de hauteur. Tous les 10–14 jours, enrouler les tiges autour des ficelles ou utiliser des pinces pour attacher les plants aux ficelles. Une fois qu'un plant compte 12–14 nœuds foliaires, laisser plusieurs tiges se développer et laisser les fleurs se développer à l'aisselle des feuilles (*planche 36*). Au moins une fleur se développe à chaque nœud, mais assez souvent, plusieurs fleurs peuvent être présentes.

Dans le cas des cultivars produisant des fruits de gros calibre, éliminer les fleurs supplémentaires. Pour augmenter la productivité des cultivars produisant des fruits plus petits, laisser toutes les fleurs se développer.

### Climat

Le milieu à rechercher dans la serre pour la culture de l'aubergine est le même que pour les tomates. Comme pour les tomates également, équilibrer croissance végétative et fructification en jouant sur la température et le DTV. On s'assure ainsi de maintenir la croissance des tiges et la grosseur des fleurs, deux conditions essentielles pour maximiser la quantité et la qualité des fruits. Au départ de la culture, maintenir un régime de températures plus homogènes de 22 °C le jour et de 19 °C la nuit. Au fur et à mesure que la charge fruitière augmente, abaisser les températures nocturnes à 17–19 °C. Voir le tableau 9–2, *AUBERGINE : Résumé des recommandations culturales*, pour plus de détails.

### Fructification

Les fleurs d'aubergine sont autofertiles (*planche 37*). La vitesse à laquelle se forment les fleurs et les fruits dépend de la grosseur des fleurs, de la charge fruitière et de l'équilibre entre les phases végétatives et de fructification. Une fleur plus grosse sur un plant équilibré produira plus rapidement un fruit prêt à être récolté (en 4–6 semaines) qu'une fleur plus petite sur un plant chez lequel la croissance végétative domine. Pour aider à conserver un plant équilibré qui fleurit rapidement, intervenir sur la température et le DTV dans la serre en fonction de l'éclairement (là encore comme on le fait pour la culture de la tomate).

### Récolte et entreposage

Le fruit de l'aubergine est prêt à être récolté quand l'extrémité apicale commence à pâlir (dans le cas des cultivars produisant de gros fruits) ou quand le fruit est parvenu au calibre souhaité pour sa commercialisation. Une récolte quotidienne est garante d'un plus fort pourcentage de fruits uniformes et de haute qualité. Couper le pédoncule à l'aide d'un couteau acéré. Une coupe nette réduit les risques de maladies.

Déplacer le plus tôt possible les fruits récoltés de la serre au pavillon de travail ou à l'aire de conditionnement, pour les débarrasser de la chaleur de récolte. Comme les fruits de couleur sombre absorbent davantage l'énergie solaire, il faut, pour en maintenir la qualité, les protéger des rayons du soleil après la récolte.

Un entreposage à 12–15 °C prolonge la durée de conservation des aubergines. Éviter autant que possible la formation de condensation sur le fruit durant le transport et l'entreposage.

**Tableau 9-2. AUBERGINE : Résumé des recommandations culturales**

	<b>Germination</b>	<b>Production de plants</b>	<b>Transplantation</b>	<b>Stade de récolte</b>	<b>Récolte complète</b>
<b>Température*</b>					
diurne (°C)	25	19–22	24	22	20–22
nocturne (°C)	25	18–19	24	19	17–19
<b>CÉ de la solution (mS/cm)</b>	0,0–1,0	2,5–3,5	2,5–3,5	2,5–3,5	2,5–3,5
<b>pH de la solution</b>	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
<b>Vol. de la solution nutritive (L/jour)**</b>	—	0,2–0,3	0,2–0,3	0,5–1,5	1,5–2,5
<b>Calendrier de fertilisation</b>	—	Comme pour les tomates			

\* Opter pour la valeur inférieure de la fourchette quand le niveau de lumière est faible.

\*\* Au besoin, selon la stratégie d'arrosage.

D'après les données colligées par le personnel d'AAC et du MAAARO au Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles, Harrow.



## 10. Lutte intégrée contre les maladies

Il est nécessaire, pour la santé des cultures et la rentabilité des exploitations, de bien intégrer les mesures de prévention des maladies dans le programme global de gestion des cultures.

Tout programme de lutte intégrée doit viser au minimum les objectifs de base suivants :

- **réduire les risques d'introduire des maladies dans la culture;**
- **éviter de créer des conditions propices à l'apparition et à la propagation des maladies.**

Quelle que soit l'espèce qu'on cultive en serre, un bon programme de lutte intégrée (LI) contre les maladies est un programme qui intègre quelques principes et concepts universels dans le système de production global de cette espèce.

Il est important de bien comprendre les principes de la lutte contre les maladies et les stratégies qui reposent sur ces principes pour pouvoir adapter le programme de LI à la situation particulière de la serre et à celle de la culture. Un programme de lutte contre les maladies ne se résume pas à une série de pulvérisations ou de bassinages fongicides visant chacune des cultures. Trop souvent, ces traitements ne font que gommer les symptômes, sans régler le problème.

### Le concept du « triangle » de la maladie

Trois facteurs doivent être réunis pour qu'une maladie se déclare :

- un agent pathogène ou organisme causant la maladie (champignon, bactérie ou virus, par exemple);
- une plante sensible à cet agent pathogène;
- un milieu propice à l'infection par l'agent pathogène.

Par exemple, *Pythium* spp. s'attaque aux plantules quand le substrat est frais (15–17 °C) et mouillé, que la densité de peuplement est très grande et que l'hygiène laisse à désirer.

On entend ici par milieu, le sol ou substrat dans lequel poussent les racines et le milieu ambiant qui entoure la partie aérienne du plant (pousses,

feuilles, fleurs et fruits). Les caractéristiques du substrat qu'il faut surveiller comprennent le pH, les teneurs en éléments nutritifs et leur équilibre, la conductivité électrique (CÉ), la capacité de rétention de l'humidité, le drainage et l'oxygénation. Pour ce qui est des caractéristiques du milieu entourant les parties aériennes, il faut surveiller l'éclairement, la température, la circulation de l'air, l'humidité relative et la qualité de l'air.

### Les six principes de la lutte contre les maladies

#### Exclusion

Empêcher les organismes pathogènes de s'établir dans la serre est l'un des principaux objectifs de la lutte contre les maladies. Pour exclure les agents pathogènes de l'exploitation, adopter des mesures d'hygiène, comme la mise à la disposition des visiteurs de pédiluves, de gants et de vêtements de protection. L'utilisation de substrats sans sol, comme la laine de roche, permet aussi de réduire au minimum l'incidence des agents pathogènes terricoles.

#### Précautions

Adopter des pratiques destinées à éviter des situations qui favorisent l'apparition de maladies. Par exemple, recourir au chauffage et à la ventilation pour éviter que le feuillage reste mouillé et éviter de créer des conditions propices au déclenchement d'infections par *Botrytis*.

#### Résistance

Selon le cultivar, les plants n'ont pas tous la même résistance, ou capacité de rester sains ou de résister aux agressions d'un organisme pathogène et/ou d'un milieu où règnent des conditions favorables à la propagation des maladies. Par exemple, la plupart des nouveaux cultivars de tomate possèdent une résistance génétique au virus de la mosaïque de la tomate et aux pourritures des racines et du collet par *Fusarium*.

### Protection ou prévention

Lorsque les conditions sont propices à une maladie, on peut souvent protéger les cultures en utilisant des fongicides, avant même l'apparition des premiers symptômes. La désinfection de mains gantées peut réduire la transmission d'infections virales comme le virus de la marbrure bénigne du poivron.

### Éradication

La pasteurisation à la vapeur du substrat permet d'éliminer les nématodes et les maladies terricoles. Les produits désinfectants permettent de réduire efficacement le nombre de bactéries ou de spores de champignons qu'on retrouve dans la poussière, sur les tables, à l'extérieur ou à l'intérieur des conduites d'irrigation ou des goutteurs des réseaux goutte-à-goutte, ou sur les outils servant à la multiplication des plants ou aux soins culturaux.

### Traitements curatifs

Dans le cas d'infections fongiques, traiter les plants infectés pour ralentir la sporulation et la propagation du champignon causal. Par exemple, des fongicides pulvérisés sur les concombres maîtrisent partiellement le blanc. Voir la publication 835F du MAAARO, *Guide de protection des légumes de serre*, pour plus d'information sur la lutte contre les maladies.

### Stratégies fondamentales de la lutte intégrée contre les maladies

#### Réglage des paramètres de milieu

Il s'agit ici d'intervenir au niveau de la température ambiante, de l'humidité relative (HR), de l'éclairage, de la circulation d'air, de la composition du substrat, de son pH, de sa conductivité électrique (CÉ) et de sa teneur en eau. Pour créer un environnement sain dans une serre :

- Comprendre les conditions de croissance optimales d'une culture et les maladies communes qui la menacent.
- Éviter les niveaux extrêmes d'humidité relative ou, surtout, les changements brusques d'humidité relative afin de réduire l'incidence des maladies.

- Savoir que la température à la surface des feuilles peut être plus basse que la température ambiante en raison des pertes de chaleur par rayonnement.
- S'assurer d'une bonne circulation d'air dans toute la serre pour que la température soit uniforme partout dans la culture et éviter que l'humidité ne se condense sur les plants, surtout le soir, ce qui créerait des conditions idéales pour l'apparition du blanc et des infections par *Didymella*.
- Éviter autant que possible de soumettre la culture à toute condition extrême. On évitera ainsi la surfertilisation, car elle favorise les infections par *Fusarium solani* chez les poivrons. De même, on évitera d'assortir des températures soit très élevées soit très basses à un arrosage trop abondant, sous peine de voir se développer les infections par *Pythium*.

#### Modification des pratiques culturales

Les plants qui souffrent constamment de stress sont plus vulnérables aux attaques des organismes pathogènes. Il y a stress ou agression quand le milieu où vivent les racines ou les parties aériennes du plant ne favorise pas une croissance normale et saine. Pour éviter de soumettre les plants à un stress :

- Comprendre les conditions nécessaires à la croissance de la culture et les lui fournir.
- Maintenir la CÉ recommandée et respecter le pourcentage de percolation indiqué pour une croissance optimale des racines.
- Maintenir une hygiène rigoureuse dans la serre à toutes les étapes de la production, afin de réduire les sources d'inoculum.
- Effectuer les opérations culturales suffisamment tôt dans la journée pour que les lésions aient le temps de s'assécher et offrent ainsi moins de prise aux infections.
- Si des maladies foliaires se déclarent régulièrement, réexaminer les réglages et les pratiques touchant la température, l'humidité relative, la circulation d'air et l'arrosage. On peut souvent réduire l'incidence des maladies foliaires en relevant la température dans la serre la nuit ou en relevant le seuil minimal de température des conduites chauffantes et en assurant une ventilation adéquate.



### Hygiène et élimination des plants malades

L'hygiène est la première composante de tout programme de lutte antiparasitaire. Si une source d'infection est constamment présente à cause d'un manque d'hygiène, les programmes de lutte contre les maladies seront coûteux et d'une efficacité décevante. De bonnes habitudes d'hygiène constituent la première ligne de défense contre les maladies dans la serre et ses annexes (chaufferie, par exemple), ainsi qu'à ses abords immédiats, et ce, durant tous les stades de la production.

L'hygiène de la serre oblige à des efforts continus à longueur d'année. **La propreté seule ne suffit pas pour enrayer les problèmes phytosanitaires, mais elle est la condition première de tout programme de lutte contre les maladies.** Les précautions suivantes sont importantes :

- Nettoyer et désinfecter les structures vides, les conduites chauffantes, les allées, les tables et le matériel afin d'éviter qu'ils n'abritent des organismes pathogènes susceptibles d'infecter la culture suivante. S'assurer d'utiliser un désinfectant qui convient à la tâche.
- Installer des pédiluves aux endroits où l'on passe d'une chapelle à l'autre en veillant à renouveler régulièrement la solution désinfectante qu'ils contiennent. Se conformer au mode d'emploi du produit utilisé.
- Sortir de la serre les tissus végétaux morts ou fanés. Les placer dans des sacs dès le moment où on les retire de leur rangée.
- Jeter les plants arrachés dans des poubelles commerciales et les porter à la décharge pour réduire les sources d'inoculum.
- Pour évacuer les végétaux malades, utiliser des brouettes ou des chariots qui sont strictement réservés à cet usage ou, à défaut, qu'on prendra soin de désinfecter après chaque usage.
- Demander aux employés de porter des gants jetables quand ils manipulent des plants malades. À tout le moins, exiger qu'ils se lavent les mains soigneusement avec du savon ou une lotion bactéricide avant de commencer une autre tâche. À noter que le lavage des mains n'est pas aussi efficace que le port de gants jetables.
- Entasser les déchets de cultures normaux à bonne distance de la serre et en aval des vents dominants pour empêcher que des particules de substrat ou de tissus végétaux ne rentrent dans la serre sous l'effet du vent ou de l'aspiration par les ventilateurs. Recouvrir ces déchets immédiatement. Si cela n'est pas possible, les porter à intervalle régulier hors de l'exploitation, à une décharge ou à un site de compostage.
- Garder le plus propres possible les allées de la serre et toutes les surfaces.
- Inspecter minutieusement les parties aériennes et les racines des plants pour s'assurer qu'ils sont sains. Examiner attentivement les plantules suspectes.
- Maintenir un bon drainage pour éliminer les flaques et les surfaces humides, car elles sont des lieux de reproduction idéaux pour les mouches des terreaux et les mouches des rivages. Ces insectes nuisibles peuvent être porteurs de maladies, comme les pourritures des racines causées par *Pythium* et *Fusarium*.
- Maintenir la serre et son environnement immédiat exempts de mauvaises herbes et d'espèces ornementales susceptibles d'abriter des organismes pathogènes comme le virus de la mosaïque du pépinot (PepMV), le virus de la pseudo-jaunisse de la betterave (BPYV) et le virus de la mosaïque du concombre (CMV), ou des insectes qui peuvent être porteurs de maladies.
- En culture sur sol, désinfecter le terreau ou le sol avant d'y installer les cultures d'hiver pour limiter la présence d'organismes pathogènes s'attaquant aux racines et au collet des plants.
- Pour éviter de propager les maladies, tremper les couteaux à bouturer dans un désinfectant entre chaque plant ou à tout le moins au bout de chaque rangée.
- Entre deux cultures, procéder à la désinfection et au nettoyage général de la structure de la serre, des conduites chauffantes, des allées, des tables et du matériel servant à la récolte.
- Éviter de garder dans la serre pendant l'hiver des plantes du jardin ou des plantes d'intérieur, car elles peuvent abriter des organismes nuisibles qui infecteront la culture suivante.
- Profiter de ce que la serre est vide entre deux cultures

pour la débarrasser des infestations par un traitement à la chaleur. Maintenir les températures à environ 40 °C et l'humidité à moins de 50 % pendant 3-4 jours afin de maîtriser insectes et acariens nuisibles. Ce traitement est particulièrement facile à réaliser durant l'été, alors qu'il suffit de fermer les orifices de ventilation pour obtenir l'élévation de température nécessaire. Se méfier toutefois des risques de gauchissement des raccords en plastique sous l'effet des températures très élevées.

Voir la fiche technique n° 94-030 du MAAARO, *Mesures d'hygiène recommandées pour combattre les insectes et les acariens chez les légumes de serre.*

### Nettoyage et désinfection

La désinfection s'entend de l'enlèvement des organismes pathogènes des surfaces de la serre ainsi que des outils et du matériel qui s'y trouvent. Il s'agit d'une étape cruciale dans le nettoyage général de fin de saison, étape qui réduit au minimum la transmission de maladies aux cultures subséquentes. Pour désinfecter convenablement, garder à l'esprit les points suivants :

- À la fin d'un cycle cultural, penser à nettoyer les surfaces horizontales, comme les chevrons et le dessus des tuyaux en hauteur, où poussière et débris peuvent s'accumuler et tomber par la suite sur les produits frais en culture. Avant d'entreprendre le lavage, enlever tout le matériel utilisé pour la récolte des fruits afin de garantir qu'il ne puisse être contaminé par de l'eau sale. Nettoyer les surfaces avec un jet d'eau sous pression, puis laisser l'eau se drainer et l'air assécher complètement les surfaces avant de réintroduire le matériel de récolte dans la serre.
- Débarrasser toutes les surfaces et objets à désinfecter, notamment les conduites et les supports des goutteurs de toute matière organique et des dépôts inorganiques (dont les dépôts de calcium). Autrement, la matière organique et les résidus présents réagiraient avec le désinfectant et en réduiraient l'efficacité. Nettoyer les surfaces texturées avec un détergent ou un agent nettoyant commercial et une laveuse à pression. Si de l'acide est utilisé pour déloger les dépôts de calcium, rincer les conduites avant d'utiliser les désinfectants de manière à éviter

toute réaction chimique et la production de gaz toxiques.

- Ne pas utiliser d'eau dure (eau renfermant au-delà de 300-400 ppm d'ions calcium) avec des désinfectants, sous peine de miner l'action désinfectante de certains produits chimiques.
- Idéalement, mélanger les désinfectants avec de l'eau tiède (à environ 20 °C) et appliquer la solution sur des surfaces sèches en soirée dans une serre réchauffée. En général, le temps de contact entre la solution et la surface doit être prolongé si les températures sont plus fraîches, tandis que l'efficacité des désinfectants double et peut même tripler chaque fois que la température augmente de 10 °C.
- Toujours employer la concentration de désinfectant recommandée par le fabricant. Une concentration trop faible risquerait de compromettre l'efficacité de l'opération et une concentration trop élevée, d'endommager les surfaces qui entrent en contact avec le désinfectant.

**Lire attentivement les étiquettes de tous les désinfectants avant de les utiliser, se conformer à toutes les précautions de sécurité (surtout en ce qui a trait aux vêtements et à l'équipement de protection individuelle) et consulter les distributeurs du produit pour des conseils sur le mode d'emploi le plus efficace.**

### Matériel exempt d'organismes pathogènes

Pratiquer un vide sanitaire : sortir tout ce qui reste de la culture précédente et désinfecter les lieux à fond avant d'y apporter le nouveau matériel. Une solution de rechange consiste à isoler les plants dans une partie distincte de la serre. En présence d'une culture intercalaire, il est impossible d'isoler ainsi les plants; prendre néanmoins toutes les précautions voulues afin de réduire au minimum les contacts entre l'ancienne culture et la nouvelle.

### Lutte contre les vecteurs

De nombreux virus sont propagés par des insectes. Ainsi, les pucerons propagent le virus de la mosaïque du concombre, tout comme les thrips peuvent

propager le virus de la maladie bronzée de la tomate et le virus de la tache nécrotique de l'impatiante dans les tomates et les poivrons.

Envisager de poser des filets anti-insectes devant les ouvertures d'aération de la serre afin de réduire l'entrée des insectes dans la serre. Cette mesure renforce l'efficacité des programmes de lutte biologique en réduisant les populations d'insectes nuisibles et en excluant les ravageurs de plus grande taille comme la fausse-arpenteuse du chou et la punaise terne (voir la fiche technique n° 00-022 du MAAARO, *Pose de moustiquaires pour exclure les insectes des serres*).

Les mouches des terreaux peuvent propager les spores de *Pythium*. Leurs larves endommagent les jeunes racines en s'alimentant. Des recherches ont montré que les larves de mouches des terreaux hébergent fréquemment les oospores de *Pythium* (spores sexuées à parois épaisses) dans leur tube digestif, et qu'elles assurent ainsi leur dissémination. Les adultes peuvent aussi transporter cet organisme pathogène sur leurs pattes et leurs pièces buccales.

La lutte contre les algues et un drainage adéquat permettent aussi d'abaisser les populations d'insectes et de limiter la propagation des agents pathogènes.

### Cultivars résistants

La plupart des cultivars employés en culture commerciale sont résistants aux maladies. Par exemple, de nombreux cultivars de tomates sont résistants aux pourritures des racines et du collet causées par *Fusarium* ainsi qu'à plusieurs autres maladies cryptogamiques (causées par des champignons) et virales. De la même façon, on trouve sur le marché plusieurs cultivars de concombres qui affichent différents niveaux de tolérance au blanc.

### Lutte chimique

Les fongicides ont toujours été à la base de la lutte contre les maladies cryptogamiques. On les utilise pour protéger des plants sains, traiter des plants infectés ou éradiquer les maladies. Afin de réduire les risques de voir apparaître une résistance, utiliser en alternance des fongicides ayant des modes d'action différents (voir la publication 835F du MAAARO, *Guide de protection des légumes de serre*, pour des précisions sur la lutte contre d'autres maladies).

### Lutte biologique

La lutte biologique contre les maladies fait appel à des champignons et à des bactéries utiles capables de réduire fortement les populations d'organismes pathogènes, sans nuire aux cultures. Les auxiliaires de lutte biologique ont plusieurs modes d'action : la compétition, l'antibiose, le parasitisme ou la résistance induite. La plupart d'entre eux sont à usage préventif et doivent être appliqués au moment de la mise en culture.

Plusieurs fongicides microbiens sont homologués au Canada pour une utilisation sur des cultures de serre et procurent une maîtrise partielle de maladies des racines et de maladies foliaires (voir la publication 835F du MAAARO, *Guide de protection des légumes de serre*). Mycostop, par exemple, est homologué pour usage contre la fonte des semis, la pourriture des racines et des tiges ainsi que la flétrissure dues à *Fusarium*, à *Pythium* et à *Phytophthora*. La bactérie terricole qui en est l'ingrédient actif, *Streptomyces griseoviridis*, exerce son action fongicide en parasitant l'agent pathogène, source de son alimentation, ainsi qu'en produisant des substances antibiotiques. L'action de Mycostop étant préventive, ce produit doit être appliqué le plus tôt possible au départ de la culture. Le traitement doit par la suite être répété tel qu'il est indiqué sur l'étiquette.

Rootshield exerce son action protectrice en colonisant la surface des racines et la rhizosphère, ce qu'il réussit à faire en assimilant les déchets que les racines rejettent dans le sol durant leur croissance normale. Il parasite également les champignons pathogènes en émettant des enzymes qui dégradent leurs membranes cellulaires. Rootshield doit être appliqué immédiatement après la germination et/ou le repiquage. Il existe en deux formulations, l'une, en granulés qu'on incorpore au substrat, l'autre, qui s'applique par bassinage du substrat où l'on vient de repiquer des jeunes plants.

La plupart des agents de lutte microbiens ne procurent qu'une maîtrise partielle et doivent par conséquent être intégrés à d'autres stratégies de gestion pour un maximum de résultats.

## Conditions de la réussite

Voici les mesures que les serriculteurs doivent prendre pour lutter le plus efficacement possible contre les maladies :

- Miser sur la prévention davantage que sur les traitements curatifs.
- Inspecter les cultures au moins toutes les semaines et faire participer les travailleurs au dépistage précoce des symptômes inhabituels.
- Inspecter les cultures afin de détecter rapidement les problèmes. Il s'agit non seulement de scruter le feuillage et les racines des plants, mais également de vérifier les conditions du milieu.
- Tenir des registres détaillés permettant de rapprocher et de recouper les différents types de données, sur les cultures, le milieu, les insectes et les maladies, afin de pouvoir dégager des tendances.
- Consigner aussi dans ces registres les conditions météorologiques afin d'être en mesure de prévoir les problèmes de maladies. Par exemple, un été frais, nuageux et pluvieux peut, sans gestion climatique appropriée (chauffage et ventilation destinés à maîtriser l'HR) créer des conditions propices à de nombreuses maladies comme le mildiou, le chancre gommeux, la pourriture grise, etc.
- Diagnostiquer les maladies avec exactitude, afin de déterminer les mesures de lutte les plus efficaces. Pour les producteurs, ce sont les champignons du sol qui sont les plus difficiles à identifier. Les échantillons peuvent être envoyés à la Clinique de diagnostic phytosanitaire de l'Université de Guelph, qui pourra poser le diagnostic exact (voir l'annexe B). Communiquer avec un spécialiste des légumes de serre ou un spécialiste de la lutte intégrée du MAAARO pour plus de détails. Pour certaines maladies, les producteurs peuvent se procurer sur le marché des trousses de diagnostic ELISA qu'ils peuvent utiliser eux-mêmes.
- S'appliquer à bien comprendre les maladies qui affectent les cultures que l'on produit. Le choix des méthodes adaptées pour les combattre et du moment opportun pour les mettre en œuvre devient alors partie intégrante d'un processus continu.
- Les organismes pathogènes étant de taille microscopique, apprendre à prévoir les périodes où le risque d'infection est élevé et où les cultures sont vulnérables et agir en conséquence. En règle générale, lorsque les symptômes se manifestent, c'est que l'organisme pathogène est présent depuis un bon moment déjà, ce qui fait qu'il est alors plus difficile à combattre.

## 11. Maladies

Comme l'indiquent les chapitres précédents, bon nombre de maladies peuvent être tenues en échec par une maîtrise rigoureuse des conditions de croissance, la mise en œuvre de bonnes mesures d'hygiène et d'assainissement et l'adoption de pratiques culturales adéquates, au chapitre notamment de la fertilisation et de la taille. Il en résultera des plants sains et équilibrés affichant une croissance rapide et produisant des fruits de haute qualité.

La *planche 38* est un exemple d'une situation qui conduit rapidement au déclenchement de maladies. Une mauvaise gestion du climat qui règne dans la serre donne lieu à la formation d'eau libre sur les feuilles de concombre, ce qui augmente de beaucoup les risques d'infection.

Quand des foyers de maladies apparaissent, un diagnostic précoce et une intervention rapide peuvent réduire au minimum les pertes financières. Ce chapitre présente, pour chacune des cultures, les principales maladies qui les affectent et les stratégies à déployer pour les prévenir ou les combattre.

### Tomate

#### Maladies de la tomate causées par des champignons

##### *Racines liégeuses* (« *Pyrenochaeta lycopersici* »)

Les plants infectés manquent de vigueur (têtes faibles) et se flétrissent les jours ensoleillés. Au tout début, la maladie se manifeste par des lésions brun clair à la surface des racines. Sur les racines plus vieilles, ces lésions sont plus près de la base du plant. Sur les racines plus vieilles et plus grosses, des lésions brunes, sèches, gonflées et liégeuses sont visibles. La couche liégeuse pèle facilement révélant les tissus vasculaires des racines (la stèle). Ce symptôme est communément désigné « queue-de-rat ». Au fur et à mesure que la maladie progresse, on observe la chlorose des feuilles (chlorose jaune-brun sur les feuilles inférieures) et un flétrissement plus sévère.

La maladie des racines liégeuses est lente à se développer et n'entraîne la mort du plant qu'après une longue période. C'est pourquoi la conduite de la culture est si importante. Le fait d'encourager une forte croissance des racines — permettant ainsi à de nouvelles racines de se développer continuellement — réduit au minimum les problèmes associés à cette maladie. Éviter d'installer le plant dans un substrat froid.

Dans la culture sur laine de roche, le plant infecté infecte tôt ou tard l'autre plant qui se trouve dans le sac. À la fin de la saison, jeter le sac, étant donné qu'au cours de la stérilisation, la vapeur risque de ne pas pénétrer les grosses racines infectées où se loge l'agent pathogène.

##### *Fonte des semis précoce et fonte des semis tardive* (« *Pythium* » et « *Rhizoctonia* »)

La fonte des semis précoce fait pourrir la graine ou la plantule avant sa levée. Du fait de l'usage répandu de la culture hydroponique, qui repose sur l'utilisation d'un milieu de croissance inorganique, et du fait également des traitements administrés aux semences, la fonte des semis précoce n'est plus un problème courant de nos jours.

La fonte des semis tardive cause le rétrécissement et l'effondrement de la base de la plantule, ce qui provoque la verse du plant (*planche 39*).

Moyens de limiter le problème :

- soigner les conditions sanitaires durant les semis;
- maintenir le substrat à des températures idéales;
- arroser avec de l'eau tiède (18–22 °C);
- utiliser un milieu de croissance stérile;
- utiliser de l'eau propre (éviter l'eau provenant d'un puits ou d'une crèche pouvant être contaminée par du sol) ou désinfecter l'eau si elle n'est pas propre;
- utiliser un substrat qui se draine bien;
- arroser les plantules le matin pour que les feuilles et les tiges aient le temps de s'assécher avant la tombée du jour;



- garder propres la serre de démarrage et la table de semis.

**Fusariose vasculaire et verticilliose**  
(« *Fusarium* » sp. et « *Verticillium* » sp.)

Les premiers symptômes sont le jaunissement des feuilles inférieures et le flétrissement du plant. Le jaunissement se manifeste d'abord sur les feuilles plus vieilles, causant le retournement des feuilles et des points de croissance vers le bas, phénomène appelé « épinastie ». Dans la plupart des cas, la zone internervaire prend une teinte jaune vif et les feuilles présentent des marques allant du brun à l'orangé. Le brunissement du tissu vasculaire s'étend sur une bonne hauteur. Chez les plants gravement atteints, il peut aussi y avoir altération de la couleur du réseau vasculaire des pétioles. Pour réduire au minimum l'incidence de ces maladies, l'idéal est d'utiliser des cultivars résistants et de garder la serre propre.

**Fusariose des racines et du collet**  
(« *Fusarium oxysporum* » f. sp. « *radicis-lycopersici* » ou FORL)

Les plants atteints de cette maladie se flétrissent les jours ensoleillés et ont une tête mince, des feuilles flasques et des fleurs faibles. Les premiers symptômes se manifestent habituellement lorsque les plants sont fortement soumis à des facteurs de stress et sont lourdement chargés de fruits, au stade de développement de la 6<sup>e</sup> à la 8<sup>e</sup> grappe. Les racines sont brunes et on peut normalement observer des lésions brun chocolat à la base du plant et au niveau du sol. L'examen des tissus vasculaires (si l'on fend longitudinalement la base de la tige) révèle une teinte brun chocolat qui s'étend sur 5–25 cm au-dessus du niveau du sol (planche 40).

La plupart des cultivars de tomate modernes sont résistants à cette maladie. Cependant, certains bons cultivars ne le sont pas. Pour utiliser ces derniers, envisager de les greffer sur des porte-greffes résistants.

**Pourriture grise (taches fantômes)**  
(« *Botrytis cinerea* »)

Cette maladie fréquente frappe toutes les parties aériennes du plant et sévit dans les serres où les conditions environnementales et la conduite de la culture ne sont pas optimales, particulièrement

là où des blessures ou coupures n'ont pas cicatrisé convenablement.

Dans la plupart des cas, on peut observer facilement la lésion brune caractéristique, souvent accompagnée de cercles et d'un feutre mycélien grisâtre (planche 41). Sur la tige, les premiers symptômes sont des lésions elliptiques gorgées d'eau où se forme par la suite une moisissure grisâtre. Les premiers symptômes sur les feuilles apparaissent habituellement là où les feuilles ont été endommagées. Ces dommages peuvent avoir été occasionnés par :

- les travailleurs;
- la guttation, ou sudation, au pourtour ou à l'extrémité des feuilles, habituellement lorsque l'humidité relative (HR) est élevée ou le déficit de tension de vapeur (DTV) est faible et que la pression dans les racines est forte;
- des conditions défavorables dans la serre qui se traduisent par la présence d'eau libre sur les plants.

Au fur et à mesure que la maladie progresse, il se forme un feutre mycélien gris qui couvre toute la feuille. Il se forme aussi des « taches fantômes » sur le fruit. Il s'agit de cercles clairs ayant un point brunâtre au centre (planche 42).

*Botrytis cinerea* peut infecter la plante au début de son cycle biologique (dans la serre de démarrage ou peu après la transplantation) et ne provoquer l'apparition de symptômes qu'une fois le plant soumis à un stress. Normalement, les symptômes apparaissent avant la cueillette, soit 6–8 semaines après l'infection initiale.

Toutefois, le feutre mycélien gris caractéristique peut n'apparaître que 12 semaines après l'infection initiale.

On réduit l'incidence de *Botrytis cinerea* en améliorant les pratiques culturales et les conditions environnementales dans la serre. Voici les méthodes de lutte préconisées :

- augmentation du chauffage et de la ventilation pour prévenir la formation d'eau libre sur les plants;
- abaissement de l'HR ou élévation du DTV;
- élévation de la conductivité électrique (CÉ) de la solution nutritive;
- modification des stratégies de gestion de l'eau afin d'éviter de trop arroser;

- éclaircissage effectué en début de journée, afin de laisser le temps aux blessures de cicatriser avant la tombée du jour.

On peut couper les tissus infectés des tiges afin de freiner la propagation de l'infection et afin de prévenir l'encerclement des tiges, conséquence de l'envahissement complet des tissus de la tige par le champignon, d'où leur nécrose.

**Moisissure olive (« *Fulvia fulva* »)  
(syn. « *Cladosporium fulvum* »)**

Les premiers symptômes de la moisissure olive sont des taches floues vert jaunâtre sur le dessus des feuilles dans la partie inférieure du feuillage. Ces symptômes ressemblent beaucoup à ceux d'une carence grave en magnésium. Toutefois, les taches causées par la moisissure olive sont accompagnées d'un feutre mycélien violacé et duveteux sur le revers des feuilles, qui est absent dans le cas de la carence en magnésium. Sous des conditions humides, la moisissure olive se propage rapidement vers le haut du plant.

Les cultivars de tomate de serre actuellement utilisés sont résistants à cet agent pathogène. Il reste que le meilleur moyen de préserver cette résistance est de soustraire la culture à la pression exercée par la maladie en maintenant des conditions idéales dans la serre.

**Blanc (« *Oidium neolycopersici* »)**

Voilà une maladie qui peut se déclarer à des stades aussi précoces que le stade de plantule. Elle se manifeste d'abord par des taches jaunes sur le dessus des feuilles, doublées, sur le revers des feuilles, d'un feutre mycélien blanc poudreux. Dans les cas graves, les lésions se fondent pour créer un feutre mycélien blanc poudreux à la surface des feuilles et sur la tige (planches 43, 44).

Le blanc se propage très rapidement sous les conditions qui sont optimales pour la culture de la tomate. Dès son apparition, appliquer un traitement à la grandeur de la culture afin de réduire au minimum les problèmes à long terme.

**Mildiou (« *Phytophthora infestans* »)**

Le mildiou se manifeste d'abord par l'apparition de zones gorgées d'eau, de couleur sombre et de forme irrégulière, habituellement à la pointe ou sur le

pourtour des feuilles dans la partie inférieure du plant. Sous des conditions qui lui sont favorables, les taches grossissent rapidement, brunissent et prennent l'aspect du papier (planche 45). Quand les niveaux d'humidité sont élevés, un feutre mycélien blanc apparaît à la périphérie des lésions sur le revers des feuilles. Au fur et à mesure que la maladie progresse, l'infection se propage à toute la feuille et tôt ou tard à tout le plant, qui en meurt. Sur le fruit, les symptômes sont des taches « de graisse » sombres qui s'étendent de plus en plus avec le temps (planche 46). Un plant infecté peut pourrir et mourir en l'espace de quelques jours si le temps est en permanence froid et pluvieux. La maladie peut être tenue en échec par du temps sec, qui empêche la moisissure de se former sur le revers des feuilles. Toutefois, les champignons se réactiveront dès le retour de l'humidité.

Le champignon pathogène hiverne habituellement dans les résidus de culture de pommes de terre et de tomates laissés dans les champs ou en tas. Les fruits infectés et les nouveaux plants constituent aussi des sources possibles d'infection. Les spores provenant des tissus infectés sont facilement emportées par le vent vers d'autres plantes-hôtes. La propagation de cette maladie dépend des niveaux de température et d'humidité. Le champignon prospère quand les nuits sont fraîches et que les journées sont douces. Il produit des spores en abondance quand l'humidité relative frôle les 100 % et que les températures se situent dans la fourchette de 16–22 °C. Les spores ont besoin d'eau libre ou de rosée pour infecter un plant, mais elles cessent d'être viables en 3–6 heures si l'humidité relative reste sous les 80 %. Cependant, une fois que le champignon a pénétré dans les tissus végétaux, il se propage très rapidement à 17–21 °C. Des températures supérieures à 30 °C freinent la croissance du champignon, sans toutefois le détruire.

On parvient à maîtriser partiellement cette maladie en combinant mesures d'hygiène, maîtrise des paramètres environnementaux et applications de fongicides. Enlever et détruire les plants, tissus et fruits infectés. Chauffer et aérer la serre afin d'éviter l'élévation des taux d'humidité. Maintenir le déficit de tension de vapeur entre 0,5 et 0,8 kPa de manière à empêcher la formation de rosée et à maintenir de bonnes conditions de croissance. Des applications périodiques

d'un fongicide sont également nécessaires pour prévenir l'infection des nouvelles pousses et plantules. Un recouvrement complet de la culture est primordial.

### Maladies de la tomate causées par des bactéries

#### Chancre bactérien (« *Clavibacter michiganensis* » ssp. « *michiganensis* »)

Il s'agit d'une maladie très contagieuse et très destructrice de la tomate de serre. En général, elle se manifeste d'abord par le flétrissement des feuilles supérieures (habituellement d'un seul côté du plant), puis par des zones de tissus morts ou dépérissant sur les feuilles du bas (planche 47). Par ailleurs, au lieu d'être vert comme il l'est habituellement, le fruit peut prendre une teinte blanchâtre ou un aspect marbré (planche 48) et peut tomber prématurément, surtout si le plant est secoué brusquement. Les pustules ou lésions jaunâtres, à peine visibles, qui peuvent apparaître sur la surface des tiges et des feuilles des tomates infectées cultivées en plein champ peuvent passer inaperçues ou être carrément absentes lorsque les tomates sont cultivées en serre. Ces pustules renferment de grands nombres de bactéries qui sont facilement transférées par les travailleurs des plants malades vers les plants sains. Pour éviter de graves épidémies, il est important de savoir identifier le chancre à un stade précoce et d'enlever les plants infectés.

L'isolement est la meilleure technique de lutte pour freiner la propagation de la maladie.

- Placer les plants infectés et les trois ou quatre plants qui suivent de part et d'autre du rang dans des sacs à ordures et les incinérer ou les enfouir.
- Veiller à ce que les travailleurs qui enlèvent les plants infectés se douchent et enfilent des vêtements propres avant de retourner dans la serre.
- Restreindre l'accès aux rangs d'où proviennent les plants qui ont été enlevés. Ne laisser que le personnel désigné accéder aux rangs comportant des plants infectés et confier à une seule personne tout le travail à faire dans ces rangs. Cette personne doit revêtir un survêtement de protection qu'elle doit porter exclusivement pour travailler dans les rangs infectés.

- Faire le travail dans les rangs atteints en fin de journée, afin de réduire le plus possible les risques de propagation de la maladie.
- Identifier le matériel, notamment les chariots de cueillette et les caisses, devant servir spécifiquement pour les rangs infectés, ou désinfecter le matériel avant de l'apporter dans d'autres zones de la serre.

À la fin du cycle cultural, assainir convenablement la serre et tout le matériel qui s'y trouve pour réduire au minimum les risques de réapparition de la maladie dans la nouvelle culture.

#### Pourritures bactériennes de la tige (« *Erwinia* » et « *Pseudomonas* » spp.)

Le premier symptôme des pourritures bactériennes de la tige est le flétrissement soudain de quelques plants de tomate, épars dans la serre. Ces plants ont (à environ 20–40 cm au-dessus du sol) des tiges creuses qui dégagent une odeur fétide et peuvent être remplies de tissu en décomposition. Dans certains cas, les nœuds prennent une teinte brun chocolat. Les plants tendres à croissance vigoureuse et ceux qui se trouvent dans les rangées des gouttières et reçoivent des gouttes formées par la condensation sont souvent les premiers atteints. Les bactéries pénètrent habituellement dans la plante à la faveur d'une plaie laissée par l'enlèvement d'un drageon, d'une feuille ou d'une grappe (planche 49).

Pour freiner cette maladie, on modifie l'environnement de la serre :

- en augmentant le DTV ou en abaissant l'HR;
- en ne laissant pas de condensation se former sur les plants;
- en réduisant la vigueur de la croissance par une CÉ plus élevée, des arrosages moins abondants et/ou des apports d'azote moins importants;
- en gardant les plants secs.

Cette maladie se voit habituellement dans les cultures soumises à une conduite et à un environnement déficients.

#### Flétrissement bactérien des solanacées (« *Ralstonia solanacearum* »)

*Ralstonia solanacearum* est une bactérie phytopathogène redoutable qui vit dans le sol et qui provoque le flétrissement et la mort des cultures de solanacées

comme la tomate, la pomme de terre, le tabac et l'aubergine. Les poivrons cultivés en plein champ ne sont pas aussi sensibles que ces cultures, sauf lorsqu'ils sont cultivés sous des conditions tropicales ou subtropicales.

Les symptômes de cette maladie comprennent le flétrissement du plant, le brunissement des tissus vasculaires dans la partie inférieure de la tige, des tiges jaunies et striées et l'apparition de racines adventices à la base des tiges. Noter toutefois que *Ralstonia solanacearum* peut être latent dans des tissus sains (c.-à-d. que, malgré la présence de la bactérie, les symptômes peuvent ne se manifester que plus tard), ce qui en rend difficile le dépistage précoce reposant sur les symptômes. Faire analyser par une clinique de diagnostic tout plant soupçonné d'être infecté (voir l'annexe D).

Normalement, la bactérie contamine d'abord les racines. L'infection se propage facilement là où de l'eau infectée est soumise à une recirculation sans être au préalable désinfectée. Même si le flétrissement bactérien des solanacées peut se propager par du matériel végétal infecté, la propagation à l'intérieur de la serre est avant tout causée par les éclaboussures d'eau ou la circulation de l'eau à travers le substrat. La contamination peut aussi se faire de plant à plant si le système racinaire de plants sains vient en contact avec celui de plants infectés. La maladie peut aussi se propager par les outils, les vêtements ou les mains contaminés des travailleurs. La bactérie n'est pas aérologène, mais peut survivre dans les cours d'eau.

La lutte contre cette maladie repose essentiellement sur la mise en quarantaine et des mesures d'assainissement. Comme il s'agit d'une maladie systémique, elle est très difficile à combattre autrement.

Bien que le flétrissement bactérien des solanacées, causé par *Ralstonia solanacearum*, ne soit pas présent pour le moment au Canada, il est toutefois introduit occasionnellement dans des serres floricoles et dans des cultures de tomate de plein champ sur des plantules contaminées provenant de zones tropicales ou méridionales. Il existe cinq races et cinq biovars de *R. solanacearum*. Le terme « race » est lié à l'éventail d'hôtes, et le terme « biovar » aux réactions

biochimiques en cause. *Ralstonia solanacearum*, race 3-biovar 2 est une bactérie phytopathogène réglementée et justiciable de quarantaine au Canada, en Europe et aux É.-U. Elle figure sur la liste d'agents biologiques et de toxines, « Select Agents and Toxins », établie par le USDA en vertu de la *Agricultural Bioterrorism Act of 2002*.

**Compte tenu de la capacité de survie de cet agent pathogène sous des conditions tempérées et de la menace qu'il représente pour les industries de la tomate et de la pomme de terre, tout végétal diagnostiqué comme étant infecté par la race 3 de *Ralstonia solanacearum* doit être déclaré et confié en vue de son élimination à l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA).**

La race 3 est particulièrement préoccupante pour l'industrie de la pomme de terre au Canada et aux É.-U., parce qu'elle survit dans les sols des régions tempérées et parce qu'elle entraîne de lourdes pertes dans les cultures de pommes de terre des pays des zones tempérées. La race 3 sévit surtout entre 24 et 35 °C (sa température optimale étant de 27 °C). Sa virulence diminue lorsque les températures dépassent 35 °C ou tombent en deçà de 10 °C. La race 1 est endémique aux É.-U., surtout dans le sud du pays où elle cause des dommages graves aux cultures de tomates de plein champ. Toutes les autres races se limitent habituellement aux régions tropicales et subtropicales du monde.

### **Maladies de la tomate causées par des virus**

#### ***Virus de la mosaïque du concombre (mosaïque en lacet)***

Ce virus produit des feuilles marbrées, étroites et fileuses dans la partie supérieure du plant de tomate. L'infection est fréquente lorsque les pucerons et autres insectes entrent dans la serre et apportent ce virus des cultures de concombre, de melon, de haricots ou de luzerne produites à l'extérieur ou d'un certain nombre d'espèces de mauvaises herbes qui sont des vecteurs asymptomatiques. Même s'ils ne meurent pas toujours,



les plants infectés produisent rarement une culture commercialisable.

Retirer les plants infectés afin de réduire le plus possible les risques de voir la maladie se propager davantage, et maîtriser les ennemis des cultures. Un bon moyen de réduire l'inoculum est de garder la serre et ses abords exempts de mauvaises herbes.

#### **Virus de la mosaïque du pépinot**

Les symptômes de cette maladie virale se manifestent davantage sous des conditions de faible éclaircissement et de basses températures. Pendant les mois doux et ensoleillés, les vieux plants peuvent abriter le virus sans présenter de symptômes. Ceux-ci apparaissent habituellement 2-3 semaines après l'infection et ont tendance à se propager le long du rang. Les plants infectés par cette maladie peuvent présenter différents symptômes : des feuilles qui poussent comme des feuilles de fougères; une mosaïque jaune et verte sur les feuilles; un jaunissement internervaire qui fait penser à une carence en magnésium (*planche 50, 51, 52*); des taches nécrotiques; un brunissement de la tige et du calice; et un mûrissement inégal des fruits. Les cultures sensibles au virus de la mosaïque du pépinot (PepMV) comprennent la tomate, la pomme de terre, l'aubergine, le tabac et les espèces qui leur sont apparentées. À ce jour, le poivron n'est pas un hôte connu.

**Le virus de la mosaïque du pépinot est très contagieux et se transmet facilement par contact direct avec des plants infectés ou du matériel de propagation infecté (greffage, bouturage) ou par contact avec la sève des plants infectés se trouvant sur des chaussures ou des vêtements.**

Le virus de la mosaïque du pépinot peut se propager sur de longues distances par la sève des fruits infectés et peut survivre pendant environ 4 jours sur des vêtements ou des chaussures. Dans les débris organiques humides qui restent à 10 °C, le virus demeure stable et peut transmettre l'infection pendant 4-5 semaines.

Les stratégies de lutte contre cette maladie reposent sur la biosécurité. Elles comprennent :

- la limitation de l'accès des visiteurs, surtout de ceux qui se sont rendus sur une autre exploitation serricole;
- la mise en place de mesures d'assainissement générales comme l'utilisation de pédiluves, de gants et de survêtements de protection;
- la désinfection des chaussures à l'entrée et au sortir des exploitations serricoles;
- le marquage des zones atteintes pour empêcher le déplacement des travailleurs des rangs infectés aux rangs sains;
- le changement de vêtements et un bon lavage des mains après avoir travaillé dans une zone contaminée et avant de passer à une zone saine;
- la désinfection de toutes les caisses et de tous les chariots et outils;
- le trempage des mains gantées et des outils (éventuellement utilisés) dans un désinfectant avant de passer d'un plant à un autre;
- l'utilisation de cultivars végétatifs ou de mesures culturales comme le greffage qui stimulent la vigueur des plants;
- le maintien de la serre et de ses abords exempts de mauvaises herbes et d'espèces ornementales étant donné que certaines d'entre elles peuvent abriter le virus;
- l'élimination des résidus de culture infectés en privilégiant l'enfouissement, l'incinération ou le compostage, plutôt qu'en les apportant dans les champs entourant les serres, sous peine d'en faire des sources de réinfection pour les cultures et mauvaises herbes sensibles et, en bout de ligne, pour la culture en serre elle-même.

Voir également les méthodes de lutte préconisées sous *Chancre bactérien*, p. 86.

#### **Virus de la mosaïque de la tomate et virus de la mosaïque du tabac**

Le virus de la mosaïque de la tomate (ToMV) et le virus de la mosaïque du tabac (TMV) étaient problématiques jusqu'à l'avènement des cultivars résistants. Même si les deux virus peuvent infecter les cultures de tomate, le ToMV a tendance à se



limiter aux tomates et le TMV, au tabac. Ces deux virus peuvent aussi infecter d'autres espèces végétales dont le poivron, le tabac, le pétunia, le muflier et de nombreuses plantes adventices. Il existe au moins cinq souches de ToMV. Les symptômes produits par le ToMV et le TMV sont très semblables et dépendent de la souche du virus, du cultivar, de l'âge du plant, de la température et de l'éclairement. Les symptômes comprennent le flétrissement, la marbrure ou une mosaïque jaune vert sur les feuilles, des feuilles qui font penser à des feuilles de fougère, le rabougrissement du plant, des fruits difformes qui mûrissent en plaques, le brunissement interne des parois du fruit et l'avortement des fleurs et des fruits en formation.

Ces virus sont propagés par les semences, les produits du tabac, les débris de végétaux, le sol et les mauvaises herbes. Les plants peuvent aussi être infectés par des racines endommagées exposées à des solutions fertilisantes contaminées. Ces virus se propagent très rapidement par le frottement des plants infectés contre des plants sains et par le contact avec des mains, des outils et des vêtements contaminés. Ces virus ne se propagent normalement pas par des insectes. Le ToMV et le TMV sont très persistants et peuvent survivre quelques années dans des résidus de culture dans le sol et sur des vêtements rangés sans avoir été lavés.

L'utilisation de cultivars résistants est la meilleure façon de combattre ces virus. Les producteurs qui utilisent des cultivars sensibles doivent demander aux travailleurs de s'abstenir de fumer dans la serre, de se laver et de se désinfecter les mains avant de retourner dans la serre. En cas d'infection, mettre en place les mesures de lutte préconisées sous *Virus de la mosaïque du pépinot*, p. 88.

#### ***Virus de la maladie bronzée de la tomate et virus de la tache nécrotique de l'impatisante***

Le virus de la maladie bronzée de la tomate (TSWV) et le virus de la tache nécrotique de l'impatisante (INSV) se ressemblent beaucoup du point de vue de leur cycle biologique et sont tous deux propagés par le thrips des petits fruits. Contrairement au INSV, le TSWV peut aussi être propagé par sept autres espèces de thrips. Les thrips constituent les principaux vecteurs, mais le TSWV peut aussi être transmis par la semence.

Ces virus ont un large éventail d'hôtes et sont en général semblables. Toutefois, les hôtes recensés du INSV semblent être moins nombreux. Ce virus infecte plus souvent les espèces ornementales que les légumes. Les hôtes sensibles comprennent la tomate, le poivron, l'aubergine, la laitue, le concombre, le chou-fleur, le tabac, le chrysanthème, le pétunia et de nombreuses mauvaises herbes.

Les symptômes des deux maladies sont variables. Ils comprennent le bronzage des feuilles, l'apparition de taches brun foncé sur les nouvelles feuilles (*planche 53*) et de stries brun foncé sur les tiges et les pétioles, le rabougrissement des plants, une marbrure sur les fruits, qui présentent des anneaux vert pâle aux centres surélevés, et des bandes alternant entre l'orangé ou le jaune et le rouge dans les fruits mûrs.

Même si l'infection des thrips par le TSWV se produit au stade larvaire, par la suite, ce sont presque exclusivement les adultes qui transmettent le virus en s'alimentant. Les thrips restent infectieux pendant tout le reste de leur vie (22–30 jours). Les adultes ne transmettent pas le virus à leur progéniture.

Les méthodes de lutte contre cette maladie comprennent :

- l'arrachage et l'élimination convenable des plants infectés;
- le maintien de la serre et de ses abords exempts de mauvaises herbes et d'espèces ornementales;
- la surveillance des thrips à l'aide de cartons jaunes ou bleus encollés et agrémentés d'appâts destinés à les rendre plus attrayants pour les thrips;
- l'inspection des plants à la recherche de signes de l'alimentation des thrips;
- la maîtrise des populations de thrips;
- l'installation de moustiquaires sur les ouvertures, notamment les orifices de ventilation, dans le but de réduire le nombre de thrips pénétrant dans la serre.

### **Affections physiologiques de la tomate**

#### ***Nécrose apicale***

Cette affection physiologique se manifeste souvent comme une zone ferme, sèche, déprimée dont la couleur est altérée (teintée de brun ou de noir) à l'extrémité apicale ou tout près de celle-ci. Son

diamètre peut aller de moins de 0,5 cm à plus de la moitié du fruit (*planche 54*). La nécrose apicale est causée par un transport déficient du calcium vers l'extrémité distale du fruit, qui se traduit par une piètre intégrité des cellules et leur détérioration. Voici les causes possibles de la carence en calcium :

- apport insuffisant de calcium dans la solution nutritive ou le substrat;
- CÉ élevée, qui bloque ou diminue l'absorption d'eau;
- faibles taux d'humidité dans le substrat et arrosages erratiques;
- croissance végétative excessive (majorité du calcium déplacée vers les feuilles);
- changement radical dans la fructification entraînant une demande de calcium supérieure à la quantité de calcium que la plante peut apporter aux tissus atteints;
- DTV élevé (ou faible HR) entraînant une transpiration excessive et, par conséquent, une diminution du mouvement de l'eau, donc du mouvement du calcium, vers le fruit;
- système racinaire peu efficace en raison de l'absence d'aération, d'où une diminution de l'absorption de l'eau et du calcium.

#### **Maturation inégale**

La maturation inégale se manifeste par certaines zones de la surface de la tomate qui restent vertes ou vert jaunâtre, tandis que d'autres produisent leur couleur normale. Les causes de la maturation inégale comprennent de faibles taux de fertilité, une concentration de potassium inadéquate, le surpeuplement, une température excessive à la surface des fruits et les infections virales (*planche 55*).

#### **Fruit carré ou oblong**

Certains cultivars sont plus sensibles que d'autres à cette affection. Une forte croissance végétative déclenchée par un faible éclaircissement (notamment l'hiver et au début du printemps), un excès d'eau et une faible CÉ peut se traduire par des fruits dont la forme est plutôt carrée et/ou allongée. L'été, les fruits oblongs sont habituellement une réaction à un stress causé par les grandes chaleurs (*planche 56*).

#### **Face de chat**

Cette affection survient lorsque les températures dans la serre ne sont pas suffisamment élevées pour une fructification normale. Les fruits deviennent alors difformes et présentent des protubérances irrégulières à l'extrémité apicale. Des stries et des bandes de tissu écailleux, vert foncé se trouvent souvent à l'extrémité apicale ou sur les côtés de la tomate.

#### **Bouffissure**

La bouffissure peut être causée par une pollinisation inadéquate, une fertilisation incomplète ou un manque de lumière. Souvent, seulement une ou deux tomates par grappe sont atteintes. Les fruits sur les grappes ultérieures peuvent ne pas présenter cette affection si les conditions environnementales s'améliorent.

#### **Carences nutritives et toxicité**

Un déséquilibre des éléments nutritifs à l'intérieur des plants de tomate peut provoquer divers symptômes foliaires qui s'apparentent à des symptômes de maladies. Les symptômes les plus courants sont ceux d'une carence en magnésium; les feuilles plus vieilles pâlisent entre les nervures, surtout lorsque la charge fructifère est forte (*planche 57*). Heureusement, les tomates de serre peuvent supporter jusqu'à un certain point une carence en magnésium sans subir de pertes de rendement significatives.

De faibles concentrations de calcium provoquent la nécrose apicale, comme on l'a vu à la p. 89. La carence en potassium est responsable de la chlorose du pourtour des jeunes feuilles dans la partie supérieure du feuillage (*planche 58*) et de la maturation inégale des fruits. On peut aussi observer une carence en fer, laquelle se manifeste par l'aspect bigarré de vert pâle à jaune citron que prennent les feuilles dans la partie supérieure du feuillage (*planches 59, 60*). Si la carence est grave, elle provoque l'éclaircissement des tiges supérieures et une réduction de la fructification dans les inflorescences supérieures. Une carence en manganèse donne des symptômes qui s'apparentent à ceux d'une carence en fer. Le symptôme le plus courant de toxicité du manganèse est le noircissement des nervures principales des feuilles plus jeunes, ainsi que le brunissement et la destruction des tissus foliaires

adjacents. Une carence en bore se traduit par le jaunissement de la feuille distale et le noircissement de la nervure principale (*planche 61*).

### **Fendillement**

Le fendillement se caractérise par des fissures minuscules, de la grosseur de cheveux, sur les épaules de la tomate. Cette affection se manifeste chez certains cultivars de tomate et peut être un problème, car la qualité du fruit peut en souffrir. Si le fendillement est peu accentué, les fissures sont visibles sous une lumière indirecte. Dans les cas graves, elles se voient facilement. Le fendillement peut se manifester sur les fruits verts non parvenus à maturité et aussi sur les fruits mûrs (*planche 62*). Chez les spécimens gravement atteints, l'épaule conserve une teinte vert-gris, tandis que le reste de la tomate mûrit normalement (*planche 63*).

On attribue l'apparition des fissures au fait que le fruit prendrait de l'expansion trop rapidement par rapport à la capacité de la peau à s'étendre. Il faut donc essayer de choisir un cultivar moins vulnérable au fendillement mais offrant quand même, entre autres, un fruit de bon calibre et de bonnes habitudes de croissance. Voici aussi des techniques qui contribuent à réduire au minimum le fendillement : gestion adéquate des arrosages, équilibre de la plante, calendrier de fertilisation et gestion des conditions climatiques dans la serre.

### **Dommages causés par le 2,4-D**

Cet herbicide a été utilisé pendant de nombreuses années pour lutter contre les mauvaises herbes dans les grandes cultures et les pelouses. À l'occasion, les cultures de tomates de serre sont endommagées par la dérive du brouillard de 2,4-D ou par l'utilisation de pulvérisateurs contaminés au 2,4-D. Les symptômes sur les plants peuvent prendre la forme de feuilles rappelant celles des fougères, de feuilles qui s'enroulent et du rabougrissement du plant. Les feuilles deviennent fileuses, déformées et liégeuses, la floraison est réduite et les fruits sont difformes.

## **Concombre**

### **Maladies du concombre causées par des champignons**

#### ***Pourriture noire des racines* (« *Phomopsis sclerotioides* »)**

Cette maladie est assez fréquente dans les cultures sur sol de concombre, là où le sol n'a été ni stérilisé ni pasteurisé. Même si l'incidence de la maladie a diminué avec l'intensification de la culture sur laine de roche, elle s'observe encore dans les serres où l'hygiène est déficiente, surtout au démarrage des plants dans la serre de propagation, où la contamination par du sol infecté risque de se produire plus facilement.

Les plants infectés présentent des feuilles flétries qui se remettent la nuit. Au fur et à mesure que la maladie progresse, les plants récupèrent de moins en moins, ce qui conduit à des têtes plus faibles, à une mauvaise fructification, à un flétrissement permanent et tôt ou tard à la mort du plant. Habituellement, d'autres agents pathogènes sont aussi en cause lorsqu'il y a perte des plants. Si l'on observe à la loupe les racines atteintes, on peut voir le long des racines infectées des zones rectangulaires noircies qui font penser à un échiquier.

Pour réduire les risques d'infection, pasteuriser le substrat et adopter de bonnes pratiques d'hygiène.

#### ***Fonte des semis précoce et fonte des semis tardive* (« *Pythium* » et « *Rhizoctonia* »)**

Les symptômes de la fonte des semis précoce et de la fonte des semis tardive s'apparentent à ceux qu'on observe chez la tomate (p. 83), car ce sont les mêmes organismes qui sont en cause. *Pythium* et *Rhizoctonia* s'attaquent aux racines des plants de concombre à maturité cultivés sur laine de roche, surtout si les conditions dans la zone racinaire ne sont pas bien gérées. Il en résulte un flétrissement des feuilles dans la partie supérieure du feuillage durant le jour, flétrissement qui est plus accentué les jours ensoleillés. Même si le flétrissement disparaît la nuit, la maladie finit par faire mourir les plants. Les plants atteints affichent également des lésions brun-orangé à leur base, qui peuvent s'étendre sur 10 cm le long de la tige. Les racines sont gravement atteintes; elles brunissent et cassent facilement.

Une bonne gestion de l'eau est la meilleure stratégie pour réduire au minimum les problèmes causés par *Pythium* chez les plants parvenus à maturité, car l'arrosage excessif et la mauvaise aération du sol sont les deux causes principales des infections par *Pythium* dans les cultures de concombre. Des températures dans la zone racinaire qui sont trop basses ou trop hautes favorisent également ce type d'infections. Éviter d'arroser avec de l'eau provenant d'un puits ou d'une crique si cette eau risque d'être contaminée par du sol. S'il faut absolument utiliser cette eau, la désinfecter au préalable.

#### **Pourriture grise (« *Botrytis cinerea* »)**

*Botrytis cinerea* s'attaque aux feuilles, aux fruits et à la partie supérieure de la tige des plants de concombre. Ce type d'infection est le résultat d'une mauvaise conduite de la culture et d'une régulation inadéquate du climat dans la serre. Les symptômes habituels de la pourriture grise sont des lésions brunes et un feutre mycélien gris qui s'observent aux endroits où le plant est endommagé, comme les nœuds (planche 64), pédoncules, feuilles brisées et, dans les cas graves, sur les fleurs et l'extrémité du fruit.

Le meilleur moyen de réduire l'incidence de *Botrytis cinerea* est de chauffer et de ventiler suffisamment la serre. On doit aussi adopter les bonnes techniques pour tailler les tiges et les pédoncules, de manière à faire des coupes franches sans pourtour rogné.

#### **Chancre gommeux (« *Didymella bryoniae* »)**

Le chancre gommeux est présent dans la plupart des serres, mais est facile à combattre au moyen de pratiques culturales et de conditions environnementales convenables. La maladie s'attaque aux tiges, aux feuilles, aux fleurs et aux fruits. Les symptômes rappellent ceux des infections par *Botrytis*, à la différence qu'on peut apercevoir à la loupe sur la tige des points noirs qui sont en fait les organes de fructification du champignon. Les lésions sur la tige peuvent aussi exsuder une substance gommeuse ocre. De plus, sur les feuilles, on voit apparaître des lésions brun jaunâtre en forme de « V ». Habituellement, l'extérieur du fruit ne présente aucun signe visible de blessure, si ce n'est que l'extrémité apicale des fruits infectés a tendance à être pointue. Lorsqu'un fruit

est infecté, une coupe longitudinale réalisée depuis l'extrémité apicale révèle une tache jaune brunâtre au centre du fruit (planches 65, 66).

L'agent pathogène responsable du chancre gommeux peut survivre jusqu'à deux ans au stade dormant dans les débris de végétaux non décomposés. Il a besoin d'une lésion pour pénétrer dans la plante et causer des dommages. Sous des conditions idéales, il suffit que les feuilles restent mouillées pendant une heure pour que l'infection se produise. Les symptômes peuvent mettre 3–10 jours pour se manifester.

Pour combattre cette maladie, couper les parties infectées de la tige ou se débarrasser des plants infectés, limiter au minimum l'infection en réglant les conditions environnementales de manière à éliminer la formation d'eau libre sur les plants et faire des coupes franches au niveau des nœuds, des pédoncules et autres, afin de favoriser une cicatrisation rapide. (Voir la fiche technique n° 09-052W du MAAARO, *Le chancre gommeux du concombre de serre*.)

#### **Pourriture glauque (« *Penicillium oxalicum* »)**

Cette maladie endommage les tissus végétaux et peut faire mourir beaucoup de plants. Les symptômes rappellent ceux de la pourriture grise et du chancre gommeux, mais se distinguent de ceux-ci par le duvet gris-bleu normalement visible sur les lésions. Ces lésions peuvent apparaître partout le long de la tige, mais sont plus fréquentes à la base du plant (10–15 cm au-dessus du bloc) et/ou à 1,0–1,5 m au-dessus du sol.

La maladie s'attaque habituellement à un nœud coupé. Les tissus infectés peuvent s'étendre sur 10–15 cm au-dessus et en dessous du nœud infecté. La pourriture étendue des tissus internes entraîne la mort du plant au-dessus du point d'infection. Retirer le tissu infecté ainsi que le tissu sain jusqu'à 1–2 nœuds sous le nœud infecté afin de permettre à un nouveau rejet de se développer (planche 67).

Les pratiques culturales sont cruciales, surtout au démarrage des plants, si l'on veut réduire au minimum ou éliminer l'incidence de la maladie. En voici quelques-unes : faire pousser les plants sous une forte lumière, un faible taux d'HR ou un DTV élevé (0,6–0,8 kPa); fournir à la culture une solution nutritive ayant une CÉ élevée; maintenir le



substrat plutôt sec que mouillé; régler les conditions environnementales dans la serre de manière à limiter le plus possible ou à éliminer la formation d'eau libre sur les plants; tailler avec un couteau tranchant en prenant soin de le désinfecter souvent pour éviter les risques de propagation de la maladie.

### **Taches foliaires**

Plusieurs champignons aérogènes, dont des espèces appartenant aux genres *Alternaria* et *Colletotrichum* (anthracnose) peuvent provoquer la formation de zones circulaires de tissu nécrosé sur les feuilles de concombre (planche 68). Dans les cas graves, les taches grossissent, se fondent et détruisent toute la surface de la feuille. Les champignons responsables du mildiou causent des taches semblables (particulièrement dans les cultures semées en août et septembre). Le mildiou, toutefois, s'attaque habituellement aux faces inférieures des feuilles et peut être identifié par le feutre mycélien violacé qu'il produit.

Les taches foliaires mentionnées ci-dessus sont toutes plus graves dans les zones de la serre où la circulation d'air est mauvaise et l'humidité, élevée. Les cultures d'automne sont plus sujettes aux attaques, surtout si des nuits fraîches provoquant de la transpiration sont suivies de jours doux et humides.

### **Oïdium (blanc) (« *Podosphaera xanthii* », auparavant « *Sphaerotheca fuliginea* »)**

Cette maladie est l'une des plus fréquentes et des plus graves qui affectent les concombres de serre. Tous les producteurs de concombres de serre de l'Ontario sont confrontés à l'oïdium au cours du cycle de production. Les premiers symptômes sont de petites taches blanches duveteuses qui apparaissent sur le dessus des feuilles. Ces taches s'étendent rapidement et se communiquent à d'autres feuilles; elles peuvent couvrir rapidement toute la feuille et même la tige et le fruit dans les cas graves (planche 69).

Des conditions sèches dans la serre ont tendance à promouvoir la propagation de la maladie par la sporulation, tandis que la présence d'eau libre sur les surfaces foliaires augmente le taux d'infection.

Pour contribuer à tenir cette maladie en échec, utiliser des cultivars tolérant le blanc plutôt que de

recourir massivement aux fongicides classiques, car à la longue, la maladie peut développer une résistance à ces produits. L'application d'eau sur les surfaces foliaires, pour laver littéralement les feuilles, contribue à diminuer l'incidence de la maladie, mais peut par contre favoriser d'autres maladies cryptogamiques, notamment le chancre gommeux et la pourriture grise. On ne doit donc recourir à ce procédé que lorsqu'un assèchement rapide du feuillage est possible.

### **Mildiou (« *Pseudoperonospora cubensis* »)**

Le mildiou peut sévir dans les cultures de concombre d'automne, particulièrement dans les serres soumises à une mauvaise ventilation. Les symptômes sont des zones anguleuses vert pâle, qui sont bordées par les nervures des feuilles (planche 70). Au fur et à mesure que la maladie progresse, le tissu internervaire jaunit. Un duvet violacé peut être aperçu sur le revers des feuilles.

Régler les conditions climatiques dans la serre de manière à y augmenter la circulation d'air et à réduire au minimum la formation d'eau libre sur les surfaces des plants. Les applications de fongicides ne souffrent aucun retard si l'on veut limiter la propagation de la maladie. (Voir la fiche technique n° 09-014W du MAAARO, *Le mildiou dans les concombres de serre*, diffusée sur le site Web seulement.)

### **Pourriture fusarienne des racines et des tiges de concombre (« *Fusarium oxysporum* » f. sp. « *radicis-cucumerinum* »)**

Cette maladie cause le flétrissement des feuilles dans le haut du plant et une perte de vigueur du plant. La base de la tige prend d'abord une teinte ocre, puis devient blanche et enfin saumon pâle. Les lésions s'étendent sur une longueur de 20–30 cm, remontent le long de la tige, qu'elles encerclent parfois au complet (planche 71). Les racines des plants atteints restent fermes par comparaison aux racines molles des plants infectés par *Pythium*.

Le champignon peut coloniser les blocs de laine de roche. L'hygiène de la serre est de toute première importance pour réduire au minimum les infections. On peut éviter des infections graves en prenant les mêmes précautions qui s'appliquent à la prévention du chancre bactérien dans les tomates (p. 86).



(Voir la fiche technique n° 01-082 du MAAARO, *La pourriture fusarienne de la tige et des racines chez le concombre de serre*.)

## Maladies du concombre causées par des bactéries

### Flétrissement bactérien (« *Erwinia tracheiphila* »)

Le principal symptôme du flétrissement bactérien est l'effondrement soudain du plant entier, parfois précédé du flétrissement d'une seule feuille. Les plants ne s'en remettent pas. Les chrysomèles rayée et maculée du concombre sont les principaux vecteurs de cette maladie. Les bactéries vivent dans le tube digestif des chrysomèles et infectent le plant au moment où celles-ci s'en nourrissent. Lorsqu'elles pénètrent dans le plant, les bactéries se reproduisent rapidement dans les tissus vasculaires qui, tôt ou tard, sont bloqués par la substance gommeuse qu'elles produisent. S'ensuit l'effondrement du plant.

Pour maîtriser le flétrissement bactérien :

- combattre les chrysomèles du concombre par des traitements insecticides appliqués sur la végétation hors de la serre (voir la publication 363F du MAAARO, *Recommandations pour les cultures légumières*);
- isoler les plants infectés;
- travailler dans les zones infectées en dernier;
- désinfecter régulièrement tous les outils servant à la taille et à la récolte;
- poser des moustiquaires sur les orifices de ventilation afin d'empêcher l'entrée des chrysomèles.

## Maladies du concombre causées par des virus

### Virus de la mosaïque du concombre (CMV)

La présence du virus de la mosaïque du concombre est habituellement associée à une infestation par les pucerons, surtout dans les cultures d'automne. Le virus, dont les pucerons sont l'un des principaux vecteurs, possède un vaste éventail d'hôtes. Les chrysomèles du concombre peuvent aussi transmettre ce virus. Les feuilles et les fruits infectés présentent une marbrure vert pâle et vert foncé et le plant a tendance à perdre de sa vigueur. Une croissance grêle et filiforme, des fleurs faibles et l'avortement des

fruits nouvellement formés sont souvent observés. Le plant finit par mourir (*planches 72, 73*). Il peut aussi se produire un flétrissement soudain de tout le plant qu'on attribue aux effets combinés du virus et de *Pythium*.

Pour maîtriser l'infection :

- éliminer le plus possible les hôtes de remplacement, y compris les mauvaises herbes, à proximité de la serre;
- poser des moustiquaires sur les orifices de ventilation afin de prévenir toute invasion par les pucerons;
- maîtriser les populations de pucerons (voir le chapitre 13 et la publication 835F du MAAARO, *Guide de protection des légumes de serre*).

### Virus de la nécrose du concombre

Même s'il est peu fréquent, ce virus est à même de causer des pertes économiques quand il frappe. Les premiers symptômes sont de petits points de la grosseur de la tête d'une épingle sur les jeunes feuilles (*planche 74*). Ces points grossissent et se fondent pour produire de grosses zones nécrotiques brunes qui font penser aux symptômes des maladies cryptogamiques (*planche 75*). Les symptômes ont tendance à être moins visibles sous des conditions estivales. Le virus est transmis par un champignon terricole, *Olpidium radicale*, qui semble n'infecter que les concombres et les espèces qui y sont apparentées. L'infection peut se propager par les mains ou les outils contaminés qui entrent en contact avec des lésions sur des plants sains. Ce virus ne serait transmis ni par la semence ni par les pucerons.

Pour combattre ce virus :

- désinfecter les solutions nutritives dans les systèmes où les solutions sont soumises à une recirculation;
- enlever et détruire les plants infectés;
- désinfecter les mains et les outils lors des opérations culturales comme la taille, la récolte, etc.
- travailler en dernier dans les zones infectées;
- stériliser à la vapeur du sol servant aux cultures avec sol;
- stériliser à la vapeur les substrats artificiels ou remplacer les sacs ayant hébergé des plants infectés.

Voir également les méthodes de lutte préconisées dans les cultures de tomate, sous *Virus de la mosaïque du pépinoïde*, p. 87.

#### ***Virus de la pseudo-jaunisse de la betterave***

Ce virus est propagé par l'aleurode des serres. Les symptômes sont le jaunissement chlorotique qui apparaît entre les nervures des feuilles plus vieilles et l'apparition de taches jaunes entre les nervures des feuilles intermédiaires (*planche 76*). Les feuilles supérieures peuvent rester intactes durant les premiers stades. Les plants atteints deviennent moins productifs. Pour réduire les infections au minimum, combattre les aleurodes (voir le chapitre 13 et la publication 835F du MAAARO, *Guide de protection des légumes de serre*) et débarrasser des mauvaises herbes la serre et ses pourtours immédiats.

#### ***Virus de la mosaïque du melon d'eau***

Les symptômes du virus de la mosaïque du melon d'eau comprennent la distorsion des pousses terminales, l'apparition de cloques entre les nervures des feuilles plus vieilles et une distorsion grave ainsi que des cloques sur les fruits en développement. Les sources de l'infection ne sont pas encore entièrement identifiées, mais d'autres plantes (comme la luzerne et certaines espèces de mauvaises herbes) sont sujettes à abriter le virus. Celui-ci est aussi transmissible par les pucerons. Maîtriser les pucerons et les mauvaises herbes. (Voir le chapitre 13 ainsi que les publications suivantes du MAAARO : 835F, *Guide de protection des légumes de serre*, et 75F, *Guide de lutte contre les mauvaises herbes*.)

### **Affections physiologiques du concombre**

#### ***Carences nutritives et toxicité***

Une carence en un ou plusieurs des macro-éléments ou des oligo-éléments nécessaires à la croissance des plants peut produire des symptômes qui s'apparentent à ceux de maladies. L'une des carences la plus fréquentes chez les concombres est la carence en magnésium, qui se caractérise par la formation sur certains cultivars de concombre de zones d'une teinte vert plus pâle dans la portion médiane du plant. Ce symptôme est plus prononcé sur les feuilles plus vieilles et ayant fini leur développement. Les feuilles plus jeunes près

du sommet des plants et sur les rejets conservent leur couleur verte normale. Même si les symptômes peuvent être inquiétants, surtout pour le nouveau producteur, les carences en magnésium sont rarement graves.

La carence en calcium est un problème fréquent dans les cultures de concombre, surtout pendant les stades de croissance rapide des jeunes plants. Les feuilles au sommet du plant sont arrondies et s'enroulent vers le bas. Elles peuvent avoir des pourtours brun pâle ou jaunes. Dans les cas graves, le point de croissance meurt (*planche 77*). Pour éviter le plus possible ce problème, augmenter les apports de calcium durant les premiers stades du cycle de croissance.

À l'occasion, des carences en un ou plusieurs oligo-éléments peuvent se produire, surtout lorsque les plants sont cultivés dans de la laine de roche ou un autre substrat artificiel. Si la solution nutritive ne renferme pas des quantités convenables d'oligo-éléments, on peut s'attendre à une carence en fer (*planches 78, 79*). Une carence en manganèse se produit aussi parfois.

Des symptômes de toxicité peuvent également se manifester en présence de concentrations excessives de l'un ou de plusieurs des macro-éléments ou des oligo-éléments. Les cas de toxicité graves entraînent habituellement la brûlure du tissu foliaire.

Il arrive que des dommages causés par des pesticides s'apparentent à des symptômes de carences nutritives et de toxicité. En cas de soupçons de carence ou de toxicité, faire analyser des échantillons de feuilles.

### **Poivron**

#### **Maladies du poivron causées par des champignons**

##### ***" Pythium " et " Botrytis "***

Les maladies les plus fréquentes qui se déclarent dans les serres, soit les pourritures causées par *Pythium* et *Botrytis*, peuvent s'attaquer aux poivrons de la même façon qu'aux tomates et aux concombres (*planches 80, 81*). Voir les p. 83, 84 et 91 pour plus de détails.

**Pourriture fusarienne de la tige et du fruit**  
(« *Fusarium solani* »)

Cette maladie peut causer de lourdes pertes économiques dans les poivrons de serre si l'on n'intervient pas. Les premiers symptômes sont un manque de vigueur et un flétrissement partiel des feuilles dans la partie supérieure du plant les jours ensoleillés, suivi d'une récupération lente. Des lésions déprimées brun foncé sont visibles sur les tiges aux nœuds (*planche 82*). Le fruit a une épaule retombante, présente des stries longitudinales pâles ou brunes et une pourriture sous le calice (*planche 83*). (Voir la fiche technique n° 01-084 du MAAARO, *La pourriture fusarienne de la tige et du fruit chez le poivron de serre*.)

**Oïdium ou blanc** (« *Leveillula taurica* »)

Cette maladie est relativement récente en Ontario et peut être lourde de conséquences. Les premiers symptômes sont des zones marbrées jaunes et vert pâle sur le dessus des feuilles, suivies de l'apparition d'un feutre mycélien poudreux et blanc sur la face inférieure des feuilles (*planche 84*). On emploie pour la combattre des mesures de lutte semblables à celles qui sont utilisées contre le blanc dans les cultures de tomate et de concombre (voir p. 85 et 93).

**Maladies du poivron causées par des bactéries**

**Pourriture bactérienne de la tige**  
(« *Erwinia carotovora* » *subsp.* « *carotovora* »)

Le flétrissement, premier signe de la pourriture bactérienne de la tige, est causé par la détérioration des tissus internes de la tige et le cœur creux qui en résulte. Lorsque la maladie s'étend à l'écorce de la tige, la zone atteinte paraît brune, ce qui peut amener une confusion avec la pourriture fusarienne de la tige. L'infection se déclare à la faveur de blessures fraîches, comme les lésions laissées par la taille des plants et l'enlèvement des feuilles. Cette maladie ne se propage pas aux feuilles saines, mais peut infecter des feuilles vieilles et sénescents. Les bactéries pénètrent dans les tiges à partir des feuilles infectées en empruntant le réseau vasculaire. La pourriture bactérienne de la tige est favorisée par des conditions pluvieuses ou humides. La bactérie responsable est fréquente dans les sols et peut causer la pourriture molle chez de nombreux légumes de plein champ (*planches 85, 86*). Elle a aussi été trouvée dans le tube digestif des larves d'insectes.

Des insectes adultes peuvent en causer la propagation de tissus infectés à des plants sains.

Voici les meilleures mesures à adopter pour lutter contre cette maladie :

- mettre en œuvre des pratiques d'hygiène strictes;
- faire en sorte, par une ventilation adéquate, une bonne circulation d'air et un réglage optimal des températures et de l'humidité, que les plants ne restent jamais mouillés;
- soigner les programmes d'arrosage et de fertilisation pour éviter la croissance luxuriante ou la croissance de tissus mous;
- prévoir suffisamment de temps pour que les lésions cicatrisent avant le coucher du soleil.

**Maladies du poivron causées par des virus**

**Virus de la marbrure bénigne du piment**

Les symptômes de cette maladie sont habituellement peu apparents sur les feuilles et se résument à une marbrure et à une mosaïque vert foncé ou vert pâle. Par comparaison, les symptômes sur le fruit sont beaucoup plus frappants et peuvent prendre la forme d'un fruit de calibre réduit, difforme, caractérisé par des stries colorées, des boursoufflures et des invaginations (*planche 87*).

Le virus de la marbrure bénigne du piment (PMMV) se rencontre dans le monde entier, surtout dans les cultures de poivrons et de piments. Ce virus est étroitement apparenté aux virus de la mosaïque de la tomate et au virus de la mosaïque du tabac et présente par conséquent des caractéristiques semblables, mais la tomate ne figure pas parmi les plantes-hôtes. Le PMMV est propagé par la semence, est très stable et peut persister au moins plusieurs mois dans le milieu, sur des surfaces ou dans des débris végétaux. Il est également facilement transmissible d'une plante à l'autre par des outils et des mains contaminés.

L'utilisation de cultivars résistants et la mise en place de mesures d'hygiène sont les meilleures façons de combattre cette maladie. Quand la maladie est décelée :

- enlever soigneusement les plants infectés en les plaçant dans des sacs à ordures sans qu'ils entrent en contact avec d'autres plants;
- ne laisser entrer dans les rangs infectés que les

travailleurs qui portent des vêtements de protection lavés tous les jours et des gants qui sont changés à tout le moins quotidiennement;

- travailler dans les rangs infectés en dernier;
- tremper dans un désinfectant les outils et les mains gantées pendant le travail dans la culture.

Voir également les méthodes de lutte préconisées dans les cultures de tomate, sous *Virus de la mosaïque du pépinot*, p. 87.

#### **Virus de la maladie bronzée de la tomate et virus de la tache nécrotique de l'impatiente**

Les symptômes de ces deux maladies sont variables. Ils comprennent le bronzage des feuilles, l'apparition de taches brun foncé sur les nouvelles feuilles (*planche 88*) et de stries brun foncé sur les tiges et les pétioles, le rabougrissement des plants, une marbrure sur les fruits, qui présentent des anneaux vert pâle aux centres surélevés, et des bandes orangées ou jaunes qui alternent avec des bandes rouges chez les fruits mûrs. Voir les observations sur ces maladies sous *Tomate*, p. 89.

### **Affections physiologiques du poivron**

#### **Pied d'éléphant**

Le nom de la maladie décrit bien les symptômes. La base de la tige au point d'entrée dans le substrat est élargie et les tissus externes pèlent, révélant une pourriture molle brun foncé. Les plants atteints manquent de vigueur et sont plus sensibles à des maladies comme la pourriture grise et la pourriture fusarienne de la tige. Les mouches des terreux sont aussi attirées par les tissus en décomposition et peuvent augmenter l'incidence de *Pythium* (*planche 35*). Cette affection est fréquente sur les plants qui ont été exposés à des conditions « douces » dans la serre de démarrage. Pour maîtriser le pied d'éléphant :

- éviter de trop fertiliser, d'endommager la base des plantules et de trop arroser;
- assurer une bonne circulation d'air;
- combattre la mouche des terreux et autres ravageurs courants qu'abritent les substrats (voir le chapitre 13 et la publication 835F du MAAARO, *Guide de protection des légumes de serre*).

#### **Nécrose apicale**

Cette affection se manifeste à l'extrémité apicale du fruit, de même que sur les côtés près de l'extrémité apicale (*planche 89*). Une zone grise, gorgée d'eau est l'indice de dommages à venir. Cette zone devient renfoncée et prend une teinte ocre ou grise. On traite cette affection comme il est indiqué pour les tomates, p. 89.

#### **Insolation**

Cette affection peut être facilement confondue avec la nécrose apicale, car les symptômes sont très semblables. Habituellement, les symptômes d'insolation sont visibles sur les parois du fruit et se caractérisent par un cerne particulier entourant une zone déprimée qui est sèche et va du jaune à l'ocre (*planche 33*). L'insolation, attribuable à un couvert de feuillage insuffisant, frappe les jeunes fruits directement exposés aux rayons du soleil (*planche 34*). Pour atténuer le problème, il faut accroître la surface foliaire pour protéger le fruit et utiliser des écrans d'ombrage (si possible) ou enduire le toit extérieur de la serre de lait de chaux.

#### **Fendillement**

Le fendillement du fruit peut se produire à l'extrémité apicale ou verticalement quand la chair du fruit se développe plus rapidement que la peau sous l'effet de basses températures et d'arrosages irréguliers. La croissance interne du fruit consécutive à des températures faibles peut aussi provoquer le fendillement du fruit (*planches 90, 91*).

#### **Fruits de forme allongée**

Des régimes de basse température peuvent aussi donner des fruits de forme allongée, ce qui en réduit la qualité.

#### **Argenture**

L'argenture se manifeste sur les poivrons quand ils grossissent rapidement. Ce problème peut survenir aussi bien l'hiver que l'été. On attribue l'apparition des stries argentées (*planche 92*) à l'expansion rapide du fruit qui amènerait la peau à se séparer de la chair. Ce désordre ne cause que des dommages superficiels qui, sauf exception, n'empêchent pas la commercialisation du fruit.



### Carences nutritives et toxicité

Comme ils poussent lentement, les plants de poivron mettent un bon moment à afficher quelque symptôme de carence nutritive. De la même façon, il leur faut du temps pour se remettre une fois les mesures correctives en place. Il est donc important que tous les éléments nutritifs nécessaires fassent en tout temps partie du programme de fertilisation; voir les tableaux 7-1, *Tableau de fertigation des poivrons* (ppm d'éléments nutritifs), p. 62, et 7-2, *Ingrédients (en poids) des solutions-mères (dilution de 1:100 nécessaire à l'obtention des solutions finales)*, p. 63. Les planches 93 et 94 montrent ce qui se produit en cas de carence en manganèse et en bore, respectivement.

## Laitue

### Maladies de la laitue causées par des champignons

#### Pourriture grise et mildiou

La pourriture grise et le mildiou sont deux des maladies les plus fréquentes dans les cultures de laitue. La régulation du climat dans la serre est la clé pour combattre et maîtriser ces maladies.

#### Pourritures des racines causées par « *Pythium* » spp.

*Pythium* peut sévir dans les cultures sur film nutritif si le système n'est pas convenablement conçu, si la vitesse d'écoulement, la température de la solution et l'aération laissent à désirer ou si les plants sont soumis à un stress trop grand. Les plants atteints se flétrissent et ont des racines brunes qui cèdent au toucher. La maladie peut se propager rapidement dans toute la serre. La désinfection de la solution nutritive à l'aide de lampes ultraviolettes (UV) contribue à prévenir cette propagation.

### Affections physiologiques de la laitue

#### Brûlure de la pointe

Cette affection est fréquente dans les cultures de laitue en serre. Les symptômes habituels sont le brunissement des pourtours et de l'extrémité des jeunes feuilles. Dans les cas graves, les marques brunes se fondent et révèlent alors une brûlure sévère de la pointe. L'extrémité des

feuilles de laitue brûle à cause d'une mauvaise diffusion du calcium dans les feuilles en développement. Tous les facteurs pouvant avoir une influence positive sur la diffusion du calcium réduisent au minimum la brûlure de la pointe dans la laitue. Une transpiration accrue favorise la diffusion du calcium vers la pointe des feuilles, et diminue les symptômes visuels.

Voici comment accroître la transpiration :

- augmenter la ventilation;
- augmenter la circulation d'air autour de la surface foliaire à l'aide de ventilateurs poussant l'air à l'horizontale ou d'agitateurs;
- maintenir un DTV légèrement plus élevé ou une HR plus basse.

Une fois que les symptômes de brûlure de la feuille se manifestent, ils ne disparaissent pas et ne peuvent être enrayés ni par des pulvérisations ni d'aucune autre façon. La prévention reste donc la clé de la lutte contre la brûlure de la feuille.

#### Roussure nerveale

Il s'agit d'un problème courant qui se manifeste sur la laitue durant l'expédition et la manutention. Des taches brun ocre apparaissent sur les nervures de la laitue et, dans les cas graves, peuvent se fondre et nuire considérablement à l'attrait du produit. La roussure nerveale peut être attribuable à des températures trop basses dans l'entrepôt qui donnent lieu à des dommages causés par le froid ou à la présence d'éthylène dans les installations d'entreposage.

## Aubergine

### Maladies de l'aubergine causées par des champignons

#### Pourritures des racines causées par « *Pythium* » spp.

La pourriture des racines causées par *Pythium* est l'une des maladies les plus courantes des aubergines de serre. Elle se manifeste de la même manière que sur les tomates et les poivrons (p. 83). En général, de bonnes pratiques d'hygiène et de régulation de l'environnement dans la serre réduisent au minimum l'incidence de la maladie. Une bonne gestion de l'eau est la meilleure stratégie pour se prémunir contre



les problèmes causés par *Pythium* dans les cultures d'aubergines. Les deux principales causes de la pourriture des racines causée par ce champignon sont le surarrosage et la mauvaise aération du substrat.

#### **Pourriture grise (« *Botrytis cinerea* »)**

Voici une autre maladie courante des aubergines cultivées en serre. Les premiers symptômes rappellent ceux qui sont causés par la pourriture grise dans les cultures de tomates et de poivrons, mais le principal site d'infection est la fleur. Dans une serre où règne un déficit de tension de vapeur (DTV) faible (humidité élevée), il se forme de la condensation sur les fleurs et les fruits, ce qui donne prise aux infections par la pourriture grise (*planche 95*). Ces infections empêchent la chute des sépales, ce qui rend le fruit impossible à commercialiser (*planche 96*). Il est possible de maîtriser partiellement la pourriture grise dans les cultures d'aubergines en jouant sur la température et l'humidité relative comme on le fait dans les cultures de tomates (p. 84).

### **Affections physiologiques de l'aubergine**

#### **Nécrose apicale**

Cette affection est moins perceptible sur les aubergines que sur les tomates ou les poivrons, car l'altération grise de la couleur de la peau est plus difficile à déceler contre un fruit à peau foncée. L'extrémité apicale présente une zone grise, gorgée d'eau qui peut devenir déprimée et prendre une teinte allant d'ocre à gris. Mettre en place les mêmes mesures correctives que celles qui sont recommandées pour les tomates (p. 89).

#### **Dommages consécutifs à la récolte**

La peau de l'aubergine étant très tendre, toute manipulation brusque risque d'y laisser des marques et de nuire à la durée de conservation et à l'aspect du fruit. Réduire au minimum les manipulations et traiter les fruits récoltés avec beaucoup de soin.



## 12. Lutte intégrée contre les ennemis des cultures

La lutte intégrée (LI) contre les ennemis des cultures est une philosophie de lutte antiparasitaire qui met en œuvre toutes les stratégies de lutte disponibles dans le but de maintenir les populations d'insectes et d'acariens nuisibles sous le seuil de nuisibilité économique. La lutte intégrée ne préconise pas « l'éradication » des ennemis des cultures par l'emploi continu de pesticides, mais cherche plutôt à promouvoir l'intégration des stratégies de lutte culturale, physique, biologique et chimique.

Il y a plusieurs raisons qui justifient de réduire l'utilisation superflue de pesticides dans les serres. Premièrement, s'ils sont trop utilisés ou mal utilisés, les pesticides peuvent soulever des craintes quant à la pollution de l'environnement ou à la contamination des eaux de surface.

Deuxièmement, les insectes peuvent développer une résistance à tout produit de lutte synthétique. Comme il faut beaucoup de temps et de ressources pour mettre au point et faire homologuer de nouveaux pesticides, il est essentiel d'apprendre à utiliser ceux qui sont encore disponibles avec circonspection et le plus efficacement possible. Il s'agit de réduire les cas de résistance de la part des espèces combattues. La meilleure façon de ralentir l'apparition des résistances est d'utiliser une combinaison de stratégies de lutte et de n'utiliser les pesticides qu'en dernier recours.

Enfin, le risque de contact des utilisateurs et des ouvriers agricoles avec des pesticides et leurs résidus dans la serre fait ressortir le besoin d'examiner objectivement leur fréquence d'utilisation et la sécurité de l'utilisateur durant le traitement. Voir le chapitre 10 et la publication 835F, *Guide de protection des légumes de serre*.

### Dépistage

Un dépistage soigné est considéré comme un moyen d'obtenir l'information nécessaire à la bonne gestion du programme de lutte intégrée. Les pièges encollés et l'inspection visuelle des cultures constituent les deux principales techniques de dépistage.

### Pièges encollés

Les pièges jaunes encollés (plaquettes ou rubans) constituent la technique de dépistage la plus communément utilisée dans les serres pour recueillir de nombreuses espèces d'insectes volants. Les pièges jaunes se prêtent particulièrement bien au dépistage des aleurodes, des thrips, des mineuses, des mouches des terreaux et des pucerons ailés au stade adulte, tandis que les pièges bleus sont particulièrement attirants pour les thrips des petits fruits. En présence d'un large éventail d'insectes nuisibles, utiliser les pièges jaunes.

Lorsqu'on utilise des plaquettes encollées, il convient de s'assurer que toute la superficie est pourvue d'un nombre suffisant de pièges. Utiliser une plaquette tous les 100–200 m<sup>2</sup>. Le nombre de plaquettes varie à l'intérieur de cette fourchette en fonction de la taille de l'exploitation, de l'importance des infestations et du moment de l'année. Renouveler les pièges avant qu'ils ne soient trop recouverts d'insectes pour permettre un relevé hebdomadaire.

### Inspection visuelle

L'inspection visuelle des cultures est une autre excellente méthode de dépistage, trop souvent négligée. Cette inspection est indispensable pour le dépistage des acariens, des pucerons aptères ou des stades immatures des aleurodes et des dommages aux feuilles occasionnés par les mineuses. Adopter un modèle d'échantillonnage constant afin de bien couvrir toute la serre, y compris les aires d'entrée et les zones préoccupantes. Là encore, les relevés hebdomadaires s'imposent.

Une détection précoce facilite la maîtrise des ravageurs sédentaires (comme les pucerons ou les acariens). Il suffit alors parfois d'une simple pulvérisation localisée ou de lâchers localisés d'agents de lutte biologique pour remédier au problème.

Pour que la LI donne de bons résultats, consigner les données suivantes dans le cadre d'un programme de surveillance assidu :

- date;
- espèces et cultivars en culture;
- identification de l'ennemi;
- localisation de l'ennemi dans la serre;
- nombre d'insectes piégés;
- stade de développement (p. ex., adulte, pupe);
- moyen de lutte (pesticide ou mesure de lutte biologique employé, dose, surface traitée, temps de pulvérisation, etc.).

## **Lutte culturale**

### **Hygiène**

Pour des précisions, voir le chapitre 10, p. 79.

### **Réglage des paramètres de milieu**

Les facteurs du milieu comme la lumière, la température, l'humidité, l'eau et les éléments nutritifs peuvent avoir une influence non seulement sur les plantes, mais également sur les organismes qui leur sont nuisibles. Il est par conséquent très délicat de faire reposer les méthodes de lutte sur des modifications de l'environnement. Chaque cas est différent et doit être évalué avec soin.

Par exemple, l'humidité peut jouer un rôle important dans l'apparition des ennemis des cultures. Les tétranyques préfèrent un milieu sec et chaud, de sorte que l'accroissement du taux d'humidité par l'utilisation d'un dispositif à brumisation peut aider à ralentir le développement de ce ravageur.

Durant les mois d'hiver, les thrips sont peu mobiles et l'on pense que cela est davantage attribuable à la faible luminosité qu'aux basses températures. Il faut donc être vigilant car les thrips peuvent se trouver dans la serre et ravager intensément la culture même s'ils sont absents des plaquettes jaunes encollées.

Pour plus d'information sur la manipulation de l'environnement, voir le chapitre 10, p. 78.

## **Lutte physique**

### **Pose de moustiquaires**

La pose de moustiquaires sur les orifices de ventilation peut réduire considérablement l'entrée des insectes nuisibles en provenance de l'extérieur. Sous les climats plus doux où les insectes sont présents à l'extérieur à longueur d'année, l'utilisation de moustiquaires s'inscrit obligatoirement dans les programmes de lutte intégrée. Bien que leur utilisation ne soit pas aussi répandue dans les régions plus tempérées, on note une progression à mesure que leur valeur est reconnue.

La pose de moustiquaires élimine une variable importante du programme de lutte intégrée : l'entrée des ennemis des cultures dans la serre en provenance de l'extérieur. Il peut s'agir d'ennemis communs comme les thrips, les pucerons et les aleurodes, ou de certains plus rares comme la punaise terne et la pyrale du maïs. Tous ces ennemis peuvent engendrer de graves infestations si l'on réduit l'usage de pesticides (p. ex., avec des méthodes de lutte biologique).

L'utilité de la pose de moustiquaires a été démontrée en Israël et en Californie. De la même façon, en Ontario, les producteurs qui y ont recours réduisent le nombre d'ennemis, utilisent moins de pesticides et améliorent l'efficacité des moyens de lutte (surtout la lutte biologique).

Lors de la pose de moustiquaires, il importe surtout de tenir compte de la taille des ennemis que l'on veut éliminer et de l'effet que peut avoir la pose de moustiquaires sur les systèmes de ventilation.

On utilise une moustiquaire à mailles plus ou moins serrées selon la taille de l'ennemi à combattre. Les moustiquaires à mailles plus grandes normalement utilisées dans les maisons ne seront pas efficaces contre la plupart des ennemis des cultures de serre. Ils peuvent cependant servir à éloigner les ennemis de plus grande taille comme les punaises ternes et les lépidoptères nuisibles. Pour les insectes plus petits comme les thrips, il faut une moustiquaire à mailles très serrées pour s'assurer de les exclure totalement. Lorsque plusieurs types d'ennemis sont en cause, choisir des moustiquaires à mailles plus serrées pour exclure aussi les plus petits.

**La pose de moustiquaires peut nuire à la circulation de l'air dans la serre. Même les moustiquaires à mailles plus grandes peuvent entraver la circulation de l'air.**

Une circulation d'air moindre peut provoquer la surchauffe de la serre. Dans le cas des serres avec ventilateurs, les ventilateurs sont alors mis à rude épreuve, car ils travaillent davantage pour aspirer la même quantité d'air à travers les orifices de ventilation partiellement bloqués. Remédier à une ventilation réduite en augmentant la surface des orifices de ventilation. Dans de nombreux cas, on y arrive en installant une moustiquaire autour de l'orifice de ventilation. Il est plus économique de poser des moustiquaires sur les orifices de ventilation muraux ou destinés à la ventilation à air pulsé que sur les orifices de ventilation faîtières. L'objectif est de s'assurer que la surface totale de moustiquaire permet un échange d'air suffisant pour assurer le refroidissement adéquat de la serre.

Voici les facteurs à considérer dans l'agrandissement des orifices de ventilation visant à compenser l'obstruction partielle attribuable aux moustiquaires :

- grosseur de maille de la moustiquaire;
- capacité des ventilateurs;
- baisse de pression statique (la différence de pression d'air entre l'intérieur et l'extérieur de la serre lorsque les ventilateurs sont en marche).

Il existe des logiciels permettant d'effectuer ces calculs, mais comme leur utilisation peut être assez complexe, les calculs sont généralement confiés aux fabricants de moustiquaires.

Les moustiquaires à mailles serrées sont plus facilement bloquées par la poussière et autres dépôts, surtout l'été. La circulation de l'air étant ainsi réduite, les températures dans la serre peuvent s'élever dangereusement. Il importe :

- de nettoyer régulièrement les moustiquaires;
- à la conception, de s'assurer d'un accès facile pour leur nettoyage.

**Les moustiquaires peuvent être lavés de l'intérieur avec de l'eau et un tuyau d'arrosage haute pression. Ne pas procéder au nettoyage lorsque les ventilateurs sont en marche. L'eau pourrait bloquer les pores et arrêter complètement la circulation d'air, ce qui provoquerait la surchauffe de la serre.**

Les moustiquaires sont efficaces dans la mesure où ils permettent d'exclure les insectes volants. Réparer les trous ou les déchirures au plus tôt. On remédie aux petites déchirures en collant une pièce de moustiquaire sur le trou.

De nombreux facteurs influent sur le coût de la pose de moustiquaires :

- la conception finale des moustiquaires;
- l'augmentation de la surface nécessaire pour assurer une ventilation adéquate;
- le coût de la moustiquaire;
- le type d'orifice de ventilation à protéger (mural ou de faîte);
- la fréquence de remplacement des moustiquaires;
- les coûts de main-d'œuvre pour le nettoyage des moustiquaires.

Pour plus de renseignements, voir la fiche technique n° 00-022 du MAAARO, *Pose de moustiquaires pour exclure les insectes des serres*.

### **Rubans jaunes encollés**

Les rubans jaunes encollés constituent un atout de plus dans la lutte contre les insectes volants. Leur principe d'action est le même que pour les plaquettes encollées servant au dépistage. Il faut placer les rubans le long des rangs ou les suspendre au-dessus de la culture.

### **Pièges lumineux**

Les pièges lumineux constituent une excellente méthode non chimique facile d'utilisation, pour réduire et maîtriser partiellement les populations de papillons nocturnes nuisibles comme les stades adultes de la mineuse de la tomate et de la fausse-arpeuteuse du chou. Les pièges lumineux sont composés de lampes à lumière noire qui attirent les insectes et d'un



électrocuteur à basse tension qui entoure la lampe. Ces lampes émettent des rayons ultraviolets (UV) de grandes longueurs d'onde, autour de 365 nanomètres (nm). Elles émettent également un peu de lumière visible d'une longueur d'onde se situant entre 430 et 540 nm. Dans le spectre lumineux, les rayons ultraviolets sont les plus efficaces pour attirer les insectes de nuit, c'est pourquoi ils servent à attirer les papillons nocturnes.

Facteurs à considérer dans l'utilisation des pièges lumineux :

- **Taille :** Plus le piège est grand, plus son pouvoir d'attraction sur les papillons l'est également. La plupart des pièges présentent un diamètre d'attraction de 40–50 mètres. Les pièges dont le diamètre d'attraction est plus grand coûtent plus cher.
- **Disposition :** Idéalement, il faut les installer à un endroit qui tient compte de leur diamètre d'attraction. La plupart des producteurs les installent dans un endroit pratique, le long des allées. Dans tous les cas :
  - placer une grande plaquette encollée ou un plateau de réception rempli d'eau savonneuse sous le piège pour en recueillir les victimes;
  - installer les pièges assez hauts pour éviter que le couvert végétal ne bloque la lumière émise et n'empêche les papillons plus petits d'y accéder;
  - installer les pièges juste au-dessus de la couverture végétale.
- **Saison :** Les pièges lumineux sont plus efficaces durant les mois frais, à des températures extérieures de 10 °C et moins. Ils évitent d'attirer encore plus d'insectes volants dans la serre. Durant les mois plus chauds, les pièges lumineux seront installés à l'extérieur, à bonne distance de la serre, pour en éloigner les insectes au stade adulte.
- **Entretien :** Nettoyer et inspecter régulièrement les pièges lumineux pour qu'ils restent efficaces.

#### **Bourdons**

Les pièges lumineux attirent et électrocutent aussi les bourdons. Pour limiter le plus possible le nombre de bourdons pris au piège, utiliser une minuterie qui allume les lampes au crépuscule et les éteint au lever du jour. Certains agents de lutte biologique sont aussi

attirés par la lumière. Cependant, les températures plus fraîches de la nuit réduisent l'activité de la plupart d'entre eux, ce qui diminue par conséquent les possibilités qu'ils soient pris au piège. De nombreux papillons nuisibles tendent à être plus actifs la nuit.

**Durant les mois plus frais de l'année, le recours aux pièges lumineux constitue une bonne stratégie non chimique de lutte contre les papillons nuisibles.**

#### **Lutte biologique**

La lutte biologique (le recours à des agents de lutte biologique) s'entend de l'utilisation d'organismes vivants, tels qu'insectes, acariens, champignons et bactéries, pour combattre des ennemis des cultures comme les insectes et les acariens. Il y a plus à la lutte biologique que les seuls lâchers de parasites ou de prédateurs dans la serre. Un programme de lutte réussi exige une planification d'au moins plusieurs mois à l'avance. Il faut considérer les éléments suivants avant d'avoir recours à la lutte biologique :

- Dresser une liste des ressources (par exemple les producteurs et les fournisseurs d'agents de lutte, les autres producteurs, les spécialistes des services de vulgarisation, les chercheurs et les consultants) utiles au programme. Assister à des cours, à des séminaires et à des ateliers, lire des revues et des bulletins spécialisés, et effectuer de bonnes recherches sur Internet pour recueillir le plus de renseignements possible sur la lutte biologique. Déterminer quels ravageurs il faut combattre et quels sont les ennemis naturels qu'il est le plus logique d'utiliser (voir le tableau 12–1, *Agents de lutte biologique contre les principaux ennemis des cultures abritées*).
- Si possible, commencer dans une petite serre isolée. Les novices peuvent alors se concentrer sur un petit secteur et se familiariser avec la lutte biologique. Le programme pourra par la suite être étendu à toutes les serres, minimisant les risques de pertes économiques.
- Si possible, entourer le secteur visé de moustiquaires (voir sous *Pose de moustiquaires*, p. 102). Le nombre de ravageurs qui entrent dans la serre à partir de

l'extérieur varie d'une année à l'autre. Ces ravageurs peuvent compromettre l'efficacité du programme de lutte biologique en compliquant la tâche aux ennemis naturels.

- S'assurer que tous les employés ont reçu une formation et sont en mesure d'identifier les ennemis des cultures, les agents de lutte biologique et les premiers symptômes d'infestation.
- Bien des pesticides homologués ont un effet rémanent qui dure 2-3 mois ou plus. Vérifier les dossiers de pulvérisation de pesticides des derniers

mois. Si de tels pesticides ont été utilisés, laisser s'écouler le délai approprié avant de les utiliser à nouveau. Durant cette période, recourir à des produits qui ont un effet rémanent moindre. Pour connaître les effets rémanents de nombreux pesticides, voir les tableaux 12-2, *Effets signalés des insecticides et des acaricides sur les agents de lutte biologique*, p. 106, et 12-3, *Effets signalés des fongicides homologués sur les agents de lutte biologique*, p. 107, ou consulter un fournisseur d'agents de lutte biologique.

**Tableau 12-1.** Agents de lutte biologique contre les principaux ennemis des cultures abritées

Ennemi	Agent de lutte biologique
Aleurodes ( <i>Trialeurodes vaporariorum</i> ou <i>Bemisia argentifolii</i> )	<i>Delphastus pusillus</i> (coléoptère prédateur)** <i>Dicyphus hesperus</i> (punaise prédatrice)** <i>Encarsia formosa</i> (guêpe parasite)* <i>Eretmocerus eremicus</i> (guêpe parasite)*
Chenilles (fausse-arpenteuse du chou, pyrale du maïs)	<i>Bacillus thuringiensis</i> (bactérie vendue sous le nom de Dipel, Foray, etc.) <i>Cotesia marginiventris</i> (guêpe parasite)* <i>Trichogramma</i> spp. (guêpes parasites)*
Mineuses ( <i>Liriomyza</i> spp.)	<i>Dacnusa</i> sp. (guêpes parasites)* <i>Diglyphus</i> sp. (guêpes parasites)*
Mouches des terreaux ( <i>Bradysia</i> et <i>Corynoptera</i> spp.)	<i>Atheta coriaria</i> (coléoptère prédateur)** <i>Bacillus thuringiensis</i> (bactérie vendue sous le nom de Vectobac) <i>Hypoaspis</i> spp. (acariens prédateurs)** <i>Steinernema</i> sp. (nématode)**
Pucerons : différentes espèces Puceron vert du pêcher ( <i>Myzus persicae</i> ) Puceron du melon ( <i>Aphis gossypii</i> )	<i>Aphidius</i> spp. (guêpes parasites)* <i>Aphidoletes aphidimyza</i> (moucheron prédateur)** Chrysopes** Coccinelles ( <i>Hippodamia</i> sp.)**
Tétranyques ( <i>Tetranychus urticae</i> )	<i>Amblyseius californicus</i> (acarien prédateur)** <i>Feltiella acarisuga</i> (moucheron prédateur)** <i>Phytoseiulus persimilis</i> (acarien prédateur)** <i>Stethorus punctillum</i> (coléoptère prédateur)**
Thrips des petits fruits ( <i>Frankliniella occidentalis</i> )	<i>Amblyseius</i> spp. (acariens prédateurs)** <i>Atheta coriaria</i> (coléoptère prédateur)** <i>Hypoaspis</i> sp. (acarien prédateur)** <i>Orius</i> spp. (anthocoride prédateur)** <i>Steinernema feltiae</i> (nématode)**

\* Parasitoïde : Le parasitoïde ne nécessite habituellement qu'un seul hôte pour compléter son développement. Dans bien des cas, il finit par tuer l'hôte en vivant à ses dépens, sur son corps ou à l'intérieur de celui-ci.

\*\* Prédateur : Le prédateur attaque sa proie (en l'occurrence l'insecte nuisible) et la consomme. Il mène par ailleurs une vie indépendante de celle de sa proie. Pour atteindre la maturité, le prédateur se nourrit de plusieurs proies.

Il faut se montrer prudent dans l'utilisation des pesticides lorsqu'on a recours à des méthodes de lutte biologique, car la plupart des pesticides sont aussi toxiques pour les insectes utiles. L'application d'un seul pesticide toxique pour les agents de lutte biologique peut empêcher le producteur de recourir à ces derniers pendant une longue période. Voir les tableaux 12-2 et 12-3.

**Tableau 12-2.** Effets signalés des insecticides et des acaricides sur les agents de lutte biologique<sup>a,b,c</sup>

Insecticides	<i>Encarsia formosa</i> + <i>Aphidius</i>	<i>Phytoseiulus</i> <i>persimilis</i>	<i>Amblyseius</i> <i>cucumeris</i> + <i>Hypoaspis</i>	<i>Aphidoletes</i> <i>aphidimyza</i>	<i>Orius</i> spp.
Ambush/Pounce	T (56-84)	T (14-84)	T (56-84)	T (56-84)	T (56-84)
Avid	T (21)	T (14)	T (14)	T (21)	T (21)
Basudin	T (28-42)	T (7)	T (7-21)	T (42-56)	T (30)
Bioprotec	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)
Citation	S	S	S	T	I (7)
Confirm	S	I	S	—	I
Diazinon	T (28-42)	T (7)	T (7-21)	T (42-56)	T (30)
Dibrom (fumigant)	T (7)	T (3-7)	T (3)	T (7)	T (3)
DiPel	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)
Distance	T (35)	S	S	I (0-7)	S
Dyno-Mite	T (>28)	T (7)	T (28-36)	T (>28)	T (28-35)
Endeavor	I (0)	S	S	I	S
Floramite	—	I (7)	—	—	S
Foray	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)
Intercept	S	S (0)	S (0)	S	T (28-42)
Malathion	T (56-84)	T (7-14)	T (56-84)	T (14-70)	T
Nicotine (fumigant)	I (3)	T	T (1-7)	T (1-7)	I
Savon insecticide	T (0)	T (0)	T (0)	T (0)	T (0)
Thiodan	T (56-84)	T (4-14)	T (42-70)	T (56-84)	T
Vectobac	S	S	S	S	S
Vendex	S	S	S	S	S

<sup>a</sup> S = Sûr; T = Toxique; I = Intermédiaire. Les nombres entre parenthèses renvoient à la toxicité rémanente pour les agents de lutte biologique, en jours, lorsque des données fiables existent. L'absence de données disponibles est indiquée par un trait « — ».

<sup>b</sup> N'utiliser ce tableau qu'à titre d'indication des effets possibles des pesticides. La toxicité peut varier selon les conditions en présence.

<sup>c</sup> Ce tableau résulte d'une compilation de données recueillies par Applied Bionomics Ltd. ([www.appliedbio-nomics.com/technical-manual/180-chemical-effect.pdf](http://www.appliedbio-nomics.com/technical-manual/180-chemical-effect.pdf)), Biobest Biological Systems ([www.biobest.be/neveneffecten/3/3/](http://www.biobest.be/neveneffecten/3/3/)) et Koppert Biological Systems (<http://side-effects.koppert.nl>). En cas d'écarts entre les données publiées, le tableau indique la période de rémanence par une fourchette ou alors le nombre de jours qui correspond à la valeur la plus prudente. Se reporter aux sites Web indiqués pour de l'information plus complète.

**Tableau 12-3.** Effets signalés des fongicides homologués sur les agents de lutte biologique<sup>a,b,c</sup>

Fongicides	<i>Encarsia formosa</i> + <i>Aphidius</i>	<i>Phytoseiulus</i> <i>persimilis</i>	<i>Amblyseius</i> <i>cucumeris</i> + <i>Hypoaspis</i>	<i>Aphidoletes</i> <i>aphidimyza</i>	<i>Orius</i> spp.
Benlate	S (0)	T (14-21)	T (14-21)	S (0)	S (0)
Botran	S	S	S	S	—
Captan	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)
Decree	—	I	—	—	I
Maestro	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)
Manzate	S (0)	S (0)	S	T	S (0)
Mycostop	S	S	S	S	S
Nova	S	S (0)	—	—	S (0)
Previcur	S (0)	S (0)	S	—	I
Pristine	S	S	S	S	S
Ridomil Gold	S	T	I	—	—
Rootshield	S	S	S	S	S
Rovral	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)	S (0)
Soufre	T (>28)	S (0)	I	I	S

<sup>a</sup> S = Sûr; T = Toxique; I = Intermédiaire. Les nombres entre parenthèses renvoient à la toxicité résiduelle pour les agents de lutte biologique, en jours, lorsque des données fiables existent. L'absence de données disponibles est indiquée par un trait « — ».

<sup>b</sup> N'utiliser ce tableau qu'à titre d'indication des effets possibles des pesticides. La toxicité peut varier selon les conditions en présence.

<sup>c</sup> Ce tableau résulte d'une compilation de données recueillies par Applied Bionomics Ltd. ([www.appliedbio-nomics.com/technical-manual/180-chemical-effect.pdf](http://www.appliedbio-nomics.com/technical-manual/180-chemical-effect.pdf)), Biobest Biological Systems ([www.biobest.belneveneffecten/3131](http://www.biobest.belneveneffecten/3131)) et Koppert Biological Systems (<http://side-effects.koppert.nl>). En cas d'écarts entre les données publiées, le tableau indique la période de rémanence par une fourchette ou alors le nombre de jours qui correspond à la valeur la plus prudente. Se reporter aux sites Web indiqués pour de l'information plus complète.

- Évaluer l'activité des agents de lutte biologique du marché et les quantités nécessaires. Les principaux fournisseurs produisent généralement des ennemis naturels d'excellente qualité, mais il peut parfois y avoir des problèmes à l'expédition. Le fournisseur doit être avisé de tout problème de qualité afin d'être en mesure de cerner le problème et de le corriger.
- Pour l'entreposage et le lâcher des ennemis naturels, se conformer aux directives prescrites. De nombreux ennemis naturels ne peuvent être stockés que pour une courte période, généralement dans des conditions spécifiques.
- Surveiller les populations de ravageurs et d'ennemis naturels et faire un suivi du programme de lutte biologique en vérifiant régulièrement :
  - la présence d'agents de lutte ailés sur les plaquettes encollées, surtout des guêpes parasites. Savoir que

certaines (p. ex., l'*Eretmocerus*) sont grandement attirées par le jaune, de sorte que la présence de plaquettes en trop grand nombre peut nuire au programme;

- la présence d'insectes parasités, p. ex., des aleurodes parasités par l'*Encarsia* si l'on trouve des nymphes noircies, et des pucerons parasités par les guêpes parasites *Aphidius* si l'on trouve des pucerons momifiés;
- la présence d'ennemis naturels non ailés (p. ex., présence d'acariens prédateurs et de coccinelles au stade immature, qui ne volent pas) par une inspection visuelle de la culture. Prêter particulièrement attention aux zones les plus fortement infestées;

– les tendances dans la population de ravageurs.  
Dépister les ravageurs sur les plaquettes ou dans la culture afin de définir si les populations sont croissantes ou décroissantes.

- Au besoin, utiliser des pesticides compatibles.  
Identifier ces produits avant le début du programme afin d'être à même de les utiliser au besoin. Voir les tableaux 12-1 et 12-2 ainsi que la publication 835F du MAAARO, *Guide de protection des légumes de serre*.
- Se rappeler que la patience et l'expérience sont les clés de la réussite d'un programme de lutte biologique.

On trouve sur le marché des agents de lutte biologique produits commercialement pour chacun des principaux insectes et acariens nuisibles qu'on rencontre dans les serres. Pour plus de détails sur la mise en œuvre d'un programme de lutte biologique ou sur l'approvisionnement en parasites ou en prédateurs, consulter un spécialiste du MAAARO en lutte contre les ennemis des cultures abritées de légumes ou un fournisseur d'agents de lutte biologique.

## Lutte chimique

### Résistance

La résistance est le résultat de l'adaptation d'une population à une dose de pesticide, normalement létale pour la majorité de ses individus. Il s'agit d'un caractère héréditaire, qui se transmet donc à la descendance. Cette résistance à un pesticide ne se développe pas chez un individu au cours de son cycle biologique, mais elle est habituellement présente à une très faible fréquence au sein d'une population (trop faible pour pouvoir être mesurée ou remarquée). La fréquence de la résistance s'accroît au sein d'une population à mesure que les épandages du pesticide tuent les individus sensibles, laissant ainsi parmi les survivants une proportion de plus en plus grande d'individus résistants. Étant donné l'immense diversité génétique des arthropodes nuisibles, leur cycle de vie bref, leur immense capacité de reproduction et la nature relativement fermée de la production sous serre,

les insectes et acariens ravageurs des serres présentent des risques considérables de développer une résistance. En n'utilisant que la lutte chimique, on favorise l'apparition de populations résistantes.

**Tout pesticide peut donner lieu à l'apparition d'une résistance, s'il est utilisé trop souvent ou incorrectement. Même si de nouveaux produits peuvent venir remplacer ceux qui perdent leur efficacité, il ne faut pas compter sur la mise au point de nouveaux pesticides pour apporter une solution aux infestations. La résistance aux pesticides est un problème à long terme, de sorte que si les nouveaux produits sont mal utilisés, ils ne procureront des avantages qu'à court terme.**

Les programmes de gestion de la résistance aux pesticides sont axés sur la réduction de la pression que les pesticides exercent sur les populations. Une stratégie gagnante consiste à réduire au minimum l'usage des pesticides en les considérant uniquement comme solution de dernier recours, à miser surtout sur la lutte biologique et à ne recourir à la lutte chimique qu'au besoin. Mettre en place de bonnes pratiques d'hygiène afin de réduire la pression exercée par les organismes nuisibles. Au besoin, incorporer des mesures de lutte physique, comme des barrières mécaniques et des pièges à insectes.

L'utilisation de pesticides appartenant à un même groupe chimique (p. ex., organophosphorés, pyréthrinoides de synthèse et carbamates) sur une longue période accélère le développement d'une résistance. Pour ralentir le processus, il est important de changer de classe de pesticides après quelques semaines ou selon un intervalle correspondant à la durée d'une génération de l'insecte nuisible à combattre. Pour connaître le classement des produits chimiques, voir la publication 835F du MAAARO, *Guide de protection des légumes de serre*.



**Utiliser les nouveaux produits avec circonspection pour éviter qu'ils ne perdent de leur efficacité prématurément.**

### **Application de pesticides**

D'autres facteurs que la résistance d'une population peuvent expliquer la plus ou moins grande efficacité d'un traitement. Voici des pratiques gages d'un maximum de résultats :

- S'assurer de calculer et de mesurer avec exactitude les doses de pesticides.
- S'assurer d'obtenir le recouvrement recherché. Le simple fait de ralentir la cadence ou de parcourir toutes les allées plutôt que toutes les deux allées améliore nettement le degré de recouvrement.
- Maintenir le matériel de pulvérisation en bon état. Remplacer les buses à intervalles réguliers. Une fois usées, les buses ne produisent plus le même jet ni la même grosseur de gouttelettes.
- Diversifier les méthodes d'application. Les méthodes de pulvérisation à volume élevé, à bas volume et électrostatique ont toutes une place dans la serre, selon l'objectif poursuivi.

- Mieux choisir le moment des traitements et mieux cibler les traitements. Un bon programme de dépistage fournit l'information nécessaire permettant de décider quand, où et pourquoi un traitement est nécessaire.
- Maintenir l'eau à un pH de 5,5–6,0. À un pH supérieur à 7, le pesticide peut se dégrader rapidement.
- Garder un suivi de l'utilisation des différents produits à l'intérieur de la serre.

### **Compatibilité des pesticides**

Avant de mélanger des pesticides, lire soigneusement les étiquettes pour tout renseignement sur la compatibilité et consulter les fournisseurs à ce sujet. Éviter de mélanger des produits ayant des conductivités électriques (CÉ) différentes. Ne jamais mélanger des herbicides avec des insecticides ou des fongicides; les appliquer avec du matériel réservé uniquement aux applications d'herbicides.



## 13. Ravageurs

### Thrips

#### Description et cycle biologique

Les thrips sont de petits insectes minces et agiles, d'environ 1,5–2 mm de long à pleine maturité. Les adultes varient du brun foncé ou noir au jaune ou orangé, alors que les stades immatures ont généralement le corps blanc ou jaune et des yeux rouges. On retrouve plusieurs espèces de thrips dans les serres, notamment le thrips des fleurs, le thrips de l'oignon et le thrips des petits fruits (TPF) (planche 97).

Le cycle biologique de tous les thrips est semblable. La femelle adulte pond de petits œufs blancs dans les feuilles en train de se développer. Les œufs éclosent en 5–7 jours pour donner naissance à des nymphes blanches qui s'alimenteront des feuilles et des pétales. Les thrips passent par deux stades larvaires, un stade prépupal, puis un stade pupal (sur le sol ou la plante) avant de devenir adultes. Les adultes peuvent vivre jusqu'à 7 semaines. Une nouvelle génération peut être produite tous les 20–35 jours, en fonction de la température.

#### Dommages

Les pièces buccales sont du type piqueur-suceur. Elles causent l'apparition de stries blanches sur les feuilles et les fruits ou de taches translucides sur les pétales de fleurs. Les traces laissées par leur alimentation sont des matières fécales minuscules et noires à la surface des feuilles. La femelle adulte peut aussi nuire à la qualité des fruits (p. ex., des tomates) en pondant ses œufs dans ceux-ci. En effet, la ponte provoque l'apparition sur les fruits de petites taches décolorées qui ne mûrissent pas normalement (planche 98).

Les thrips peuvent être porteurs du virus de la tache nécrotique de l'impatisse (INSV) ou du virus de la maladie bronzée de la tomate (TMSV), lesquels peuvent avoir un effet dévastateur sur un bon nombre de cultures serres courantes (planche 99). Un diagnostic sûr est indispensable, car ces virus possèdent

un vaste éventail d'hôtes chez qui les symptômes de l'infection virale varient énormément. La lutte contre les INSV et TMSV est difficile. Elle passe par la maîtrise des populations de thrips, l'élimination des plants infectés et un bon programme de lutte contre les mauvaises herbes. Les thrips développent rapidement une résistance aux pesticides. L'utilisation de plantes indicatrices comme le pétunia ou la féverole à petits grains peut permettre de détecter tôt la présence du INSV ou du TMSV.

#### Stratégies de lutte

Suivre assidûment l'évolution des populations au moyen de plaquettes encollées jaunes ou bleues (les deux couleurs étant très attirantes pour les TPF) et inspecter périodiquement la culture. Les appâts à fixer aux plaquettes encollées qu'on trouve sur le marché pourraient rendre les plaquettes encore plus attrayantes pour les TPF.

On peut détecter tous les stades mobiles des thrips en tapotant les boutons ou les fleurs au-dessus d'une feuille de papier blanc.

#### Lutte biologique

On peut se procurer sur le marché plusieurs agents de lutte biologique efficaces contre les thrips :

- des acariens prédateurs, dont *Amblyseius cucumeris*, *Amblyseius swirskii*, *Amblyseius degenerans*, et *Hypoaspis*,
- l'anthocoride prédateur *Orius insidiosus*,
- le staphylin prédateur *Atheta coriaria*.

L'idéal est d'en utiliser plusieurs en les combinant. Introduire les prédateurs lorsque les niveaux de populations de thrips sont faibles et les relâcher en nombre suffisant pour maîtriser les populations de thrips.

#### « *Amblyseius cucumeris* »

Ce prédateur de couleur chamois se nourrit surtout des thrips du premier stade nymphal. *Amblyseius cucumeris* est habituellement livré aux producteurs dans un mélange incluant son et acariens du son. Le son

fournit la nourriture aux acariens du son qui à leur tour servent de nourriture aux acariens prédateurs. Ce mélange de son et d'acariens est vendu sous deux formes : en petits sachets, qui constituent de petites cellules d'élevage d'où sortent les acariens prédateurs sur une période de plusieurs semaines; ou en contenants renfermant le mélange dont on saupoudre directement la culture.

Toujours bien examiner le mélange de son avant l'emploi. Le son ne doit comporter aucune trace de moisissure ni aucune odeur d'ammoniac. On doit y voir des acariens du son et des acariens prédateurs vivants. Les acariens prédateurs sains se meuvent rapidement, tandis que les acariens du son se déplacent plus lentement. Si l'on utilise des sachets, les suspendre à l'abri des rayons du soleil pour éviter la déshydratation de leur contenu. Les taux d'application de ce prédateur varient selon la culture et le degré d'infestation par les thrips. Consulter un spécialiste de la lutte intégrée contre les ennemis des cultures légumières en serre du MAAARO, un consultant ou le fournisseur d'agents de lutte biologique pour connaître les quantités à relâcher.

#### « *Amblyseius swirskii* »

Cet acarien prédateur ressemble beaucoup à *A. cucumeris*; il est très difficile de les distinguer l'un de l'autre. *A. swirskii* contribue à renforcer l'efficacité des programmes de lutte biologique contre le thrips des petits fruits. Comme *A. cucumeris*, il se nourrit principalement des thrips du premier stade nymphal. Mais contrairement à ce dernier, il dévore à la fois les œufs et les larves du premier stade larvaire des aleurodes. *A. swirskii* n'entre pas en diapause. Il tolère des températures élevées mais non les faibles taux d'humidité relative. Il peut se développer sur le pollen du poivron et de l'aubergine. Il est d'ailleurs particulièrement utile dans ces cultures de même que dans celle du concombre. Aucun rapport ne signale l'établissement de ce prédateur dans les cultures de tomates.

#### « *Amblyseius degenerans* »

Ce prédateur diffère de *A. cucumeris* par son apparence et sa tolérance aux conditions moins humides. Il est foncé et très agile et se reproduit très bien sur le

pollen. On peut en faire l'élevage sur des plants de ricin qui peuvent servir de points de départ des lâchers d'insectes dans la serre. Il donne un maximum de résultats là où une source de pollen (p. ex., poivrons de serre) en favorise l'établissement.

#### « *Hypoaspis* »

Il s'agit d'un acarien terricole qui constitue un moyen de lutte supplémentaire contre les thrips du fait qu'il se nourrit des pupes contenues dans le substrat. Pour plus de détails, voir *Mouches des terreaux et mouches des rivages*, p. 124.

#### « *Orius insidiosus* »

L'anthocoride *Orius insidiosus* est un prédateur ailé qui se nourrit de tous les stades mobiles du thrips. Les adultes sont noirs avec des taches blanches et crème sur les ailes. Les nymphes les plus jeunes sont jaunes tandis que les plus vieilles sont d'un brun acajou foncé. *O. insidiosus* se nourrit également de pollen, de tétranyques, de pucerons, d'aleurodes, d'œufs de noctuelles et de jeunes chenilles. Toutefois, les thrips constituent sa nourriture préférée. Comme il est sensible à la longueur du jour, il ne doit pas être relâché dans les serres avant la mi-mars, à moins qu'il ne bénéficie d'au moins 13 heures de clarté.

#### « *Atheta coriaria* » (staphylin)

Ce coléoptère terricole a au départ été mis au point pour lutter contre les mouches des terreaux et les mouches des rivages, mais il se nourrit également des pupes des thrips qui se trouvent dans le sol. Pour plus d'information, voir sous *Mouches des terreaux et mouches des rivages*, p. 124.

#### Lutte chimique

La lutte chimique contre le TPF peut être difficile en raison de la tolérance de ce thrips à la plupart des pesticides et de son habitude à s'alimenter bien au creux des boutons floraux ou des feuilles en croissance, hors d'atteinte des insecticides. Au moment des traitements, un recouvrement complet est indispensable. Voici des consignes à respecter si l'on utilise des pesticides pour lutter contre les thrips :

- Utiliser en alternance des produits appartenant à des groupes chimiques différents (si des produits de groupes différents sont offerts) en veillant à utiliser

un seul groupe de pesticides pendant toute la durée du cycle biologique du thrips. En règle générale, cela revient à changer de groupe de pesticides toutes les 2–3 semaines, selon le moment de l'année. À noter qu'une même génération survit plus longtemps par temps frais.

- Appliquer les pesticides tôt le matin et tard l'après-midi, lorsque les thrips sont le plus mobiles. On s'assure ainsi d'une meilleure exposition des thrips aux pesticides.

## Aleurodes

### Description et cycle biologique

Les aleurodes adultes sont de petits insectes ailés de couleur blanche mesurant environ 1,5–2 mm de long. Les œufs sont pondus au revers des feuilles les plus jeunes et sont trop petits pour être clairement visibles sans l'aide d'un microscope. Un aleurode femelle peut pondre jusqu'à 300 œufs et vivre jusqu'à deux mois. Les nymphes, qui éclosent en 5–10 jours, sont plates et font penser à une cochenille; elles se déplacent ici et là sur la feuille avant de devenir immobiles.

Les adultes sortent après trois stades nymphaux et un stade pupal. On peut voir les reliquats de pupes et les adultes au revers des feuilles du bas, qui peuvent montrer des signes de flétrissure. Le cycle biologique est généralement complété en 35 jours à 18 °C et en 18 jours à 30 °C. Les aleurodes n'hivernent pas à un stade particulier de leur développement et peuvent survivre tant qu'il y a autour d'eux une forme ou une autre de vie végétale (planche 100).

### Espèces d'aleurodes

Il existe en Ontario deux espèces d'aleurodes qui préoccupent les serriculteurs : l'aleurode des serres et l'aleurode *Bemisia argentifolii*. Les adultes des deux espèces se ressemblent beaucoup. Voici pourtant comment les différencier :

- L'aleurode *Bemisia argentifolii* est un peu plus petit que l'aleurode des serres et son corps est plus jaune.
- Au repos, les ailes de l'aleurode *Bemisia argentifolii* sont repliées en forme de tente au-dessus de son corps, tandis que l'aleurode des serres replie ses ailes à plat, presque parallèlement à la surface sur laquelle il est posé.

- La trajectoire décrite par l'aleurode *Bemisia argentifolii* en vol est plus directe que celle de l'aleurode des serres, laquelle est oscillante.
- Le cycle biologique de l'aleurode *Bemisia argentifolii* est plus long de 1–2 jours.
- L'aleurode *Bemisia argentifolii* supporte moins bien le froid.

Les différences majeures du diagnostic d'identification des deux espèces se voient à la pupaison. La pupa de l'aleurode des serres est surélevée par rapport à la surface du limbe et son pourtour est garni d'une frange de soies, tandis que pour l'aleurode *Bemisia argentifolii*, la pupa repose à plat à la surface du limbe et n'a aucune frange. On remarque mieux ces caractères à l'aide d'un microscope.

### Dommages

- Leurs pièces buccales de type piqueur-suceur permettent aux aleurodes de sucer la sève des plantes et de les rendre ainsi moins vigoureuses.
- Les aleurodes produisent de grandes quantités de miellat propice à la prolifération de fumagine à la surface des feuilles et des fruits, amenant une réduction de l'activité photosynthétique dans le premier cas et une détérioration de la qualité des fruits, dans le second. La fumagine en soi n'endommage toutefois pas les plantes.
- Les aleurodes peuvent transmettre des virus. Par exemple, l'aleurode *Bemisia argentifolii* serait vecteur de plus de 60 virus et on associerait l'aleurode des serres à la propagation du virus de la pseudo-jaunisse de la betterave dans les concombres.

### Stratégies de lutte

Mesures à prendre pour maîtriser les aleurodes :

- Mettre en place un programme de surveillance systématique basé sur l'utilisation de plaquettes jaunes encollées et sur une inspection visuelle des plants.
- Se servir de plantes-hôtes, comme l'aubergine et le fuchsia, qui sont plus attirantes pour les aleurodes que la culture principale, comme indicatrices pour le dépistage précoce ou comme plantes-appâts.
- Identifier les espèces d'aleurodes présentes dans la culture.



- Réagir promptement dès qu'on remarque la présence d'aleurodes adultes sur les plaquettes jaunes ou sur les feuilles terminales.
- Bien maîtriser les mauvaises herbes tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la serre.

#### Lutte biologique

Deux petites guêpes parasites sont offertes sur le marché pour lutter contre les aleurodes : *Encarsia formosa* et *Eretmocerus eremicus*. L'antagoniste *Encarsia formosa* est plus efficace contre l'aleurode des serres, bien qu'il permette aussi de combattre jusqu'à un certain point l'aleurode *Bemisia argentifolii*. *Eretmocerus* est plus efficace contre l'aleurode *Bemisia argentifolii*, mais il permet de bien maîtriser les populations d'aleurodes des serres. Par ailleurs, on trouve aussi dans le commerce deux prédateurs : *Delphastus pusillus*, un petit coléoptère de couleur noire, et la punaise prédatrice *Dicyphus hesperus*.

Une bonne hygiène et la lutte contre les mauvaises herbes sont nécessaires au succès de la lutte biologique dirigée contre l'aleurode. Entreprendre les mesures de lutte biologique dès les premiers signes de la présence des aleurodes, car ces mesures sont moins efficaces après une explosion des populations.

#### « *Encarsia formosa* »

D'une longueur d'environ 0,6 mm, les guêpes adultes procurent une maîtrise partielle des populations d'aleurodes essentiellement en pondant leurs œufs à l'intérieur des individus non encore parvenus à maturité ou nymphes. Le prédateur adulte peut vivre de quelques jours à tout un mois, selon la température. Les femelles pondent 50–350 œufs au cours de leur vie. La nymphe de l'aleurode des serres noircit 10–14 jours après avoir été parasitée. Après deux autres semaines en moyenne, la guêpe adulte émerge en perçant une ouverture dans la partie supérieure de la nymphe noircie. Les aleurodes *Bemisia argentifolii* parasités prennent une coloration jaunâtre tirant sur le brun et sont plus difficiles à déceler. *Bemisia argentifolii* étant plus difficile à combattre, la lutte biologique nécessite dans son cas des lâchers plus importants que dans le cas de l'aleurode des serres.

Voici des conseils destinés à accroître l'efficacité de l'utilisation d'*Encarsia* :

- Éviter d'utiliser des pesticides à action rémanente prolongée au moins dans les 3 mois qui précèdent le lâcher initial;
- Surveiller la culture à tous les stades de la production de façon à déceler la présence d'aleurodes et à en suivre l'évolution des populations. Ces données permettent de déterminer avec plus de précision le moment et l'endroit où faire les lâchers du parasitoïde;
- Introduire *Encarsia* dès les premières manifestations de la présence d'aleurodes ou, de façon préventive, avant qu'ils ne soient détectés. Si les aleurodes sont présents avant les lâchers d'*Encarsia*, utiliser un pesticide ayant une faible rémanence pour en réduire le nombre;
- Si l'on a recours à *Encarsia* entre décembre et février, modifier les conditions de luminosité et de température de manière à les adapter aux besoins du parasitoïde;
- Lâcher *Encarsia* aux endroits ombragés des plants, où les parasitoïdes seront à l'abri de la lumière directe;
- Répartir uniformément les cartes, mais en placer davantage là où des aleurodes ont été vus. Pour une répartition plus uniforme, se procurer des cartes comptant chacune un moins grand nombre de nymphes parasitées;
- Au cours des opérations d'effeuillage ou d'élagage dans des cultures légumières comme celle de la tomate, ne pas ôter les feuilles portant des nymphes parasitées immatures, sous peine de nuire à l'accroissement de la population d'*Encarsia* et au taux de parasitisme;
- Continuer d'introduire *Encarsia* jusqu'à ce qu'au moins 80 % des nymphes sur les feuilles les plus vieilles aient noirci (ou soient devenues ocre dans le cas de *Bemisia argentifolii*). Au cours des mois d'été, lorsque les aleurodes migrent vers les serres, maintenir, voire augmenter, le nombre des parasitoïdes.

### « *Eretmocerus eremicus* »

Les adultes sont jaunes et mesurent environ 0,6 mm de long. Les femelles pondent leurs œufs sous des larves d'aleurodes qui ont atteint de préférence le 2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> stade larvaire. La proportion des sexes chez cette guêpe est de 1:1. Lorsqu'on décrit les taux d'introduction, on fait référence au nombre de femelles lâchées (contrairement à *Encarsia*, dont toute la population est femelle). Tout comme *Encarsia*, *Eretmocerus* tue les aleurodes en les parasitant et en les dévorant. Les nymphes d'aleurodes parasitées prennent une couleur jaune brunâtre, aussi bien chez l'aleurode des serres que chez l'aleurode *Bemisia argentifolii*.

### « *Delphastus pusillus* »

*Delphastus* est un coléoptère prédateur. À la fois les stades adulte et larvaires de *Delphastus pusillus* s'alimentent d'aleurodes, en particulier de leurs œufs et de leurs nymphes. Apparemment, *Delphastus* évite les nymphes déjà parasitées, préférant se nourrir essentiellement de nymphes non parasitées. Ce comportement en fait un allié compatible avec l'utilisation d'*Encarsia*. On recommande d'utiliser ce coléoptère comme complément à l'activité d'*Encarsia*, dans le but de réduire les populations d'aleurodes. Le *Delphastus* adulte vit 6–9 semaines. On dit qu'il a besoin de consommer un minimum de 10 œufs d'aleurode par jour pour être en mesure de se reproduire. Apparemment, ce coléoptère est efficace dans les concombres, mais pas dans les cultures de tomates.

### « *Dicyphus hesperus* »

*Dicyphus* est un prédateur qui possède des pièces buccales du type piqueur-sueur. Il se nourrit de différents insectes mais semble avoir une préférence pour les aleurodes et particulièrement pour leurs œufs et leurs stades larvaires. Dans une moindre mesure, il s'alimente de pucerons, de tétranyques, de thrips, de larves de mineuses et d'œufs de noctuelles. En l'absence de proies, une population élevée de *Delphastus* peut endommager les fruits de la tomate. Pour lutter contre les aleurodes, il vaut mieux utiliser *Delphastus* en combinaison avec les guêpes parasites *Encarsia formosa* et *Eretmocerus eremicus*.

## Lutte physique

### Pièges encollés

Les pièges jaunes encollés, sous différentes formes, permettent de capturer les aleurodes adultes en grand nombre. Les gros carreaux jaunes encollés ou les rubans jaunes encollés de 30 cm sont placés près des foyers d'infestation à raison de un par plant. On peut aussi suspendre le ruban jaune encollé entre les poteaux le long des rangs. Ces rubans capturent aussi mouches des terreaux, mouches des rivages, *Aphidius* spp., *Eretmocerus* et *Encarsia*, surtout si les populations d'aleurodes sont faibles. Se méfier de l'utilisation de nombreux rubans encollés en association avec des parasitoïdes, notamment *Eretmocerus*, qui est fortement attiré par la couleur jaune.

### Aspiration

L'utilisation d'un aspirateur à main est un moyen très efficace de détruire rapidement les aleurodes adultes près des foyers d'infestation.

### Barrières à insectes

La protection des portes et des orifices de ventilation par l'installation de moustiquaires à mailles très serrées réduit considérablement la migration vers la serre des aleurodes provenant de l'extérieur. Lorsque, après la récolte des cultures d'extérieur, les aleurodes migrent en grands nombres en provenance de champs adjacents (p. ex., champs de tomates), les moustiquaires constituent une première ligne de défense contre les insectes.

## Lutte chimique

Les aleurodes ont développé une résistance à de nombreux pesticides. Si l'on a recours à la lutte chimique, il importe de faire preuve de circonspection dans l'usage des pesticides afin de prolonger l'utilisation de ceux qui sont actuellement efficaces contre les aleurodes.

Pour faire une utilisation rationnelle et judicieuse des pesticides, mettre en place un programme de surveillance soutenu, respecter les seuils d'intervention, faire la rotation des catégories de pesticides et recourir en même temps à toutes les mesures de lutte non chimiques existantes.

Lors de l'utilisation d'un insecticide systémique, s'assurer de l'appliquer correctement. Il faut que le système racinaire soit bien développé et que le plant soit en croissance active. Limiter l'arrosage pendant les 12–18 heures qui précèdent l'application afin d'assurer une meilleure absorption et une efficacité accrue du produit.

## Tétranyque à deux points

### Description et cycle biologique

Le tétranyque à deux points s'attaque à un vaste éventail de cultures de serre. La femelle adulte a huit pattes, possède un abdomen rond et mesure environ 0,5 mm de long. Le mâle se distingue de la femelle par son corps plus petit et plus étroit et par son abdomen effilé. La coloration des adultes varie du jaune pâle à l'orangé et au brun. Le stade d'hivernage ou de diapause est de couleur rouge orangé. La réduction de la luminosité à 12 heures ou moins, la baisse de la température et la raréfaction des aliments sont autant de facteurs qui peuvent déclencher la diapause chez le tétranyque. Pendant cette diapause, il peut tolérer de très basses températures, et une brève période de réchauffement ne suffit pas à le sortir de sa dormance.

L'inspection visuelle de la face inférieure des feuilles mettra en évidence les tétranyques sous la forme de minuscules points mobiles. Les deux points foncés sur le corps du tétranyque délimitent le contenu gastro-intestinal vu à travers son corps transparent. Après l'accouplement, la femelle commence à pondre environ six œufs blanc nacré par jour. Sur une durée de vie moyenne, la femelle peut pondre 100 œufs et plus à la face inférieure des feuilles. Les insectes fraîchement éclos passent par le stade larvaire typique à six pattes, puis par les stades de la protonympe et de la deutonympe à huit pattes. Le dernier stade est caractérisé par une période de repos et d'immobilité où les individus sont très difficiles à atteindre par les acaricides. Le cycle biologique, de l'œuf à l'adulte, dure 23 jours à 15 °C et 4 jours seulement à 32 °C. Le développement est accéléré par temps chaud et sec (planche 101).

## Dommages

À tous les stades actifs de son développement, le tétranyque à deux points s'alimente en piquant l'épiderme inférieur de la feuille à l'aide de ses pièces buccales de type suceur. Au début, les dégâts se limitent à quelques points jaunes sur la feuille. Cependant, au fur et à mesure que la population augmente, les dégâts s'étendent à la feuille tout entière, qui prend alors une apparence pâlotte ou dont la face supérieure est recouverte de ponctuations. Les feuilles gravement infestées deviennent toutes jaunes, cassantes, et sont couvertes de toiles (planche 102). Si on laisse aller les infestations sans intervenir, les plantes peuvent en mourir. Les populations de tétranyques paraissent pulluler à certains moments de l'année en raison de l'influence de la température sur leur cycle biologique. D'autres facteurs comme l'hygrométrie et la fertilisation sont aussi importants et peuvent à l'occasion contribuer à combattre les infestations.

## Stratégies de lutte

Pour réduire l'importance des premières infestations dans les cultures subséquentes, faire un bon nettoyage entre les cultures, soit juste avant que les tétranyques hivernent ou entrent en diapause, car les tétranyques passent l'automne et l'hiver à l'abri dans le sol, dans les tiges creuses, bouts de tuyaux, fissures et crevasses. Les tétranyques reprennent leur activité vers la fin de l'hiver et au début du printemps. Les stades où le tétranyque est rouge sont généralement résistants aux pesticides et ne sont pas des proies faciles pour les prédateurs. Lorsqu'on détecte des tétranyques rouges sortis de leur diapause, pulvériser des produits à faible rémanence sur les feuilles légèrement infestées et enlever et détruire celles qui le sont gravement.

## Lutte biologique

Le principal agent de lutte biologique contre le tétranyque est l'acarien prédateur *Phytoseiulus persimilis*. Les autres agents de lutte biologique comprennent les acariens prédateurs *Amblyseius californicus* et *A. fallacis*, la coccinelle *Stethorus punctillum* et le moucheron prédateur *Feltiella acarisuga*, qui ressemble à un moustique.

### « *Phytoseiulus persimilis* »

*Phytoseiulus persimilis* est à peu près de la même grosseur que le tétranyque à deux points. Il se distingue toutefois du ravageur par son corps piriforme, par l'absence des deux points, par sa couleur qui va du saumon pâle à l'orangé vif, par ses déplacements qui sont beaucoup plus rapides et par ses longues pattes. Il se nourrit spécifiquement de tétranyques et n'hiverné pas.

En l'absence de tétranyques, ces prédateurs meurent, si bien qu'il faut les réintroduire à chaque nouvelle infestation. Les prédateurs adultes dévorent environ 7 adultes ou 15–20 œufs par jour. À 20 °C,

*P. persimilis* se reproduit pratiquement deux fois plus vite que le tétranyque à deux points. La lutte à l'aide de cet insecte utile donne un maximum de résultats entre 20 et 26 °C. À plus de 30 °C ou à des taux d'humidité inférieurs à 60 %, ces prédateurs deviennent moins efficaces, car ils cherchent alors à se réfugier dans la partie basse du feuillage où ils sont plus au frais. Par contraste, ces mêmes conditions sont propices à la prolifération des tétranyques à deux points.

Les prédateurs sont offerts sur le marché soit mélangés à de la vermiculite, soit sur des feuilles de haricots. Traiter les plants infestés dès les premiers signes de dommages. Avant de lâcher les prédateurs, toujours s'assurer qu'ils sont bien vivants et très actifs. Dans la mesure du possible, placer quelques prédateurs sur chacune des feuilles infestées.

### « *Amblyseius californicus* » et « *A. fallacis* »

Ces acariens prédateurs sont de couleur ambre et ont la forme d'une goutte. Ils ressemblent beaucoup à *A. cucumeris*. Ils attachent des œufs ovales blanchâtres aux soies le long des nervures sur le revers des feuilles. Ils peuvent se nourrir d'autres acariens, notamment du tétranyque des serres, et peuvent survivre en se nourrissant de pollen. Ils tolèrent apparemment des températures élevées, des niveaux d'humidité faibles et toute une gamme de pesticides.

### « *Stethorus punctillum* »

Il s'agit d'une minuscule coccinelle ovale, convexe et d'un noir luisant qui pond des œufs blancs un à un sur le revers des feuilles. Avant d'éclore, les œufs

noircissent. Les larves nouvellement écloses sont gris-noir et portent de longues soies ramifiées. Juste avant la pupaison, la larve entière devient rougeâtre. Les pupes sont noires et aplaties et leur corps tout entier est couvert de soies jaunes. Les adultes fraîchement sortis des pupes sont orange rougeâtre pendant quelques heures puis noircissent. *Stethorus punctillum* est exclusivement un prédateur des acariens phytoravageurs qu'ils préfèrent au stade de l'œuf. Cette coccinelle peut s'établir dans des cultures de poivrons et de concombres, mais pas dans les cultures de tomates.

### « *Feltiella acarisuga* »

Ce moucheron prédateur, aussi appelé *Therodiplosis persicae*, ressemble à un moustique. L'adulte peut voler et chercher activement des tétranyques. Il pond ses œufs le long des colonies de tétranyques. Les larves orangées qui sortent de ces œufs peuvent se nourrir de tous les stades des tétranyques. Les larves se transforment en pupes près des nervures des feuilles, dans des cocons blancs. La durée du cycle biologique varie selon la température, prenant au total de 2 à 4 semaines. *Feltiella* se nourrit des tétranyques durant la diapause lorsqu'ils sont rouges et de peu d'intérêt pour *Phytoseiulus*. Des populations s'établissent, bien qu'à des degrés variables, dans toutes les cultures de serre, y compris celle de la tomate si les conditions sont favorables. *Feltiella* donne son plein rendement sous une humidité élevée (humidité relative supérieure à 80 %) et dans des points chauds. L'utilisation de soufre peut réduire l'efficacité et la survie de *Feltiella*.

### Lutte physique

La pulvérisation d'eau en brouillard sur les plants et le maintien de niveaux d'humidité relativement élevés contribuent à une maîtrise partielle des populations de tétranyques. Ainsi, à 20 °C et à 36 % d'humidité relative, les tétranyques à deux points femelles pondent environ 7 œufs par jour. Quand l'humidité relative grimpe à 95 %, elles pondent environ 30 % moins d'œufs.



### Lutte chimique

En raison de leur capacité de reproduction énorme, les tétranyques à deux points développent facilement une résistance aux pesticides. Si l'on compte les combattre à l'aide de pesticides, voici les directives à observer :

- Diriger le jet sous les feuilles, là où se regroupent normalement les tétranyques.
- Comme les toiles qu'on retrouve dans les zones de fortes infestations peuvent servir à protéger les tétranyques et les œufs qui se dissimulent dans ou derrière elles, augmenter la pression afin d'y faire pénétrer la bouillie.
- En raison de la grande capacité de reproduction des tétranyques à deux points, recourir autant que possible à d'autres mesures de lutte pour réduire au minimum l'apparition d'une résistance aux pesticides.

### Agent de l'acariose bronzée de la tomate

#### Description et cycle biologique

Les espèces végétales connues comme étant des hôtes de *Aculops lycopersici*, agent de l'acariose bronzée de la tomate, comprennent la tomate, le pétunia, la gloire du matin, le poivron, la pomme de terre, la morelle, le tabac, le liseron des champs et l'aubergine. La tomate constitue l'hôte privilégié et celui qui favorise la dissémination de cet acarien. Ces acariens se déplacent sur les plants infestés en rampant. Ils peuvent franchir environ 1,25 cm en 2 minutes. Quand ils ont consommé tous les tissus verts frais autour d'eux, ils rampent jusqu'à l'extrémité des tiges, des feuilles et des soies où ils attendent le moment de s'accrocher à tout ce qui peut se présenter et qui peut leur servir à se transporter vers un nouvel hôte. Ils peuvent ainsi être transportés par le vent, des outils et des vêtements.

Les adultes sont orange jaunâtre, de forme conique et ont deux paires de pattes. Les femelles adultes, qui sont les individus les plus gros de tous les stades, mesurent 200 microns (0,20 mm) de long et 50 microns d'épaisseur. Chaque femelle pond environ 10–53 œufs qu'elle dépose parmi les soies ou dans les fissures à la surface des tiges, des feuilles et des fruits. Les femelles adultes vivent approximativement 2–3 semaines et produisent dans les serres une génération à peu

près tous les 7 jours. Cet acarien dévore la couche superficielle de l'épiderme. Les cellules endommagées s'oxydent, ce qui donne une teinte bronzée au feuillage. En général, les dommages se manifestent d'abord sur la tige principale dans la partie inférieure ou médiane du plant, puis progressent vers le haut.

La croissance et la survie dépendent de la disponibilité de tissus verts. Le cycle biologique de l'agent de l'acariose bronzée de la tomate ne comprend pas de forme particulière destinée à survivre aux conditions hivernales. La reproduction se poursuit tant que les conditions y sont propices. Des expériences de laboratoire montrent que des adultes et certains œufs survivent pendant au moins 10 jours lorsqu'ils sont exposés à une température constante de 1 °C, tandis qu'une exposition à une température constante de –5 °C entraîne 100 % de mortalité après 4 jours.

#### Dommages

L'agent de l'acariose bronzée de la tomate est sans doute l'ennemi des cultures de serre qui passe le plus inaperçu, sa présence étant très difficilement décelable tant qu'il n'y a pas eu un véritable éclatement des populations. Les agents de l'acariose bronzée de la tomate sont difficiles à voir sans une loupe qui grossit au moins 20 fois. Le premier indice d'infestation dans une culture de tomates de serre est un bronzage subtil des tiges et des feuilles (*planche 103*). Par la suite, les feuilles font penser à du papier brun et les fruits sont marqués de petites taches bronzées accompagnées de petites fissures. Ces insectes envahissent rarement les fleurs, qui ne subissent habituellement aucun dommage. Au moment où les dommages sont observables dans une culture, de nombreux plants avoisinants sont normalement fortement infestés malgré l'absence de dommages apparents.

#### Stratégies de lutte

##### Surveillance et dépistage précoce

Examiner minutieusement les plants à la recherche de symptômes de l'alimentation des agents de l'acariose bronzée de la tomate. Une fois les symptômes décelés, le producteur peut prendre les mesures appropriées et procéder notamment à l'arrachage ou à l'enlèvement des plants infestés.



### Lutte culturale

Une stratégie très importante pour lutter contre l'agent de l'acariose bronzée de la tomate consiste, entre les cycles culturaux, à débarrasser la serre et ses abords de toute plante pouvant lui servir d'hôte. Un nettoyage en profondeur entre les cultures et un bon programme de lutte contre les mauvaises herbes tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la serre contribuent à réduire l'incidence et la propagation de cet ennemi dans la serre. Comme la pomme de terre peut aussi abriter l'agent de l'acariose bronzée de la tomate, éviter d'en faire la culture à proximité des serres.

### Lutte biologique

L'acarien prédateur *Amblyseius fallacis* serait peut-être un agent de lutte utile contre l'agent de l'acariose bronzée de la tomate.

### Tarsonème du fraisier et tarsonème trapu

Le tarsonème du fraisier s'attaque surtout aux espèces ornementales, mais il s'attaque aussi à des grandes cultures et à des arbustes. Le tarsonème trapu s'attaque aux mêmes espèces ornementales que le tarsonème du fraisier, mais également à des cultures comme celles du poivron, du concombre, de l'aubergine, de la pomme de terre et de la tomate.

### Description et cycle biologique

Des deux espèces, c'est le tarsonème du fraisier adulte qui est le plus gros; il mesure 0,75–1 mm de long, tandis que le tarsonème trapu fait moins de 0,2 mm. Le tarsonème du fraisier adulte va du blanc laiteux au brun jaunâtre et est de forme elliptique, tandis que le tarsonème trapu est soit translucide et incolore, soit brun pâle, avec une rayure blanche au centre de son dos. Les adultes des deux espèces peuvent être facilement confondus, mais leurs œufs sont assez différents. Les œufs du tarsonème du fraisier mesurent 0,35–0,50 mm de long, sont ovales et ont une surface lisse blanc opaque, tandis que ceux du tarsonème trapu mesurent environ 0,08 mm de long, sont aplatis et couverts de 30–40 boursoflures blanchâtres.

Les conditions optimales pour les deux espèces sont des températures de 16–27 °C et une humidité relative de 80–90 %. Les deux espèces complètent leur cycle biologique en 1–3 semaines, selon la température. Les tarsonèmes du fraisier femelles commencent à pondre leurs œufs dans les 2 jours qui suivent leur émergence, chaque femelle pouvant pondre 1–3 œufs/jour, soit un total de 12–16 œufs pendant sa durée de vie. Ces œufs sont pondus dans des endroits humides, sombres, normalement à l'intérieur des points végétatifs des cultures légumières. Les femelles du tarsonème trapu pondent 30–76 œufs à la surface des feuilles sur une période de ponte de 8–13 jours. Il ne semble y avoir aucune diapause pour aucune des deux espèces, mais celles-ci semblent hiverner au stade adulte soit dans les serres soit à l'extérieur, dans des zones abritées.

Les deux espèces de tarsonèmes peuvent être disséminées par du matériel végétal infesté qui est dispersé par le vent, par les déplacements de plants infestés faits par les travailleurs et par contact avec des plants infestés. Les mâles du tarsonème trapu transportent aussi les larves des femelles inactives (nymphe quiescentes ou pupes) sur leurs dos, en se déplaçant habituellement vers le haut des plants en direction des points végétatifs. Cette caractéristique facilite l'accouplement sitôt que les femelles adultes font leur apparition. Une autre grande différence entre les deux espèces vient de ce que le tarsonème trapu peut se disséminer en s'attachant aux pattes des aleurodes et, dans une moindre mesure, à leurs antennes, alors que ce lien n'existe apparemment pas en ce qui a trait au tarsonème du fraisier. Le transport des tarsonèmes trapus par d'autres ravageurs comme les thrips et les pucerons serait négligeable. Des études suggèrent que certaines espèces d'aleurodes, notamment celles qu'on trouve couramment dans les serres, transportent plus efficacement les tarsonèmes que d'autres.

### Domages

Les dommages comprennent le rabougrissement, la déformation des feuilles sur les nouvelles pousses (*planches 104, 105*), le bronzage des jeunes tiges et feuilles, la déformation des jeunes fruits, des stries blanchâtres ou brunes sur les fruits en croissance et, parfois, le dépérissement des points végétatifs. Au

premier coup d'œil, ces symptômes peuvent être confondus avec le résultat de la dérive d'un herbicide ou même avec une infection par certains types de virus.

## Stratégies de lutte

### Surveillance et dépistage précoce

La façon la plus simple de faire le dépistage des tarsonèmes consiste à effectuer une surveillance périodique des points végétatifs. Tout signe de croissance anormalement réduite ou de bronzage d'un plant ou de quelques plants adjacents devrait inciter à demander un examen microscopique des tissus atteints. En général, ces espèces d'acariens évitent la lumière, ce qui explique pourquoi on les trouve aux points végétatifs. Les tarsonèmes du fraisier peuvent être observés sur des bourgeons jeunes et en croissance, alors que les tarsonèmes trapus se voient le plus souvent sur le revers des jeunes feuilles en croissance aux points végétatifs. Les infestations sont habituellement concentrées autour de quelques plants adjacents et surtout sur les tissus jeunes, puis s'étendent de plus en plus en s'éloignant du foyer d'infestation initial.

### Lutte culturale

La lutte culturale consiste à arracher ou à enlever les parties des plants infestées et à débarrasser la serre et ses abords des cultures et des mauvaises herbes qui servent d'hôtes aux tarsonèmes.

### Lutte biologique

*Amblyseius swirskii*, *A. cucumeris* et *A. californicus* seraient d'éventuels agents de lutte biologique contre le tarsonème trapu.

## Pucerons

### Description et cycle biologique

Les pucerons sont des insectes de petite taille (2–3 mm) au corps mou possédant des pattes et des antennes longues et une paire d'appendices tubulaires appelés cornicules placée en saillie sur la partie postérieure de l'insecte. La coloration varie entre le noir, le gris, le rouge, le jaune et le vert. Plusieurs espèces peuvent infester les serres.

Les plus fréquentes sont le puceron vert du pêcher (*Myzus persicae*) (planche 106), le puceron du melon (*Aphis gossypii*) et le puceron de la pomme de terre (*Macrosiphum euphorbiae*). Le puceron strié de la digitale et de la pomme de terre ou puceron à taches vertes de la pomme de terre (*Aulacorthum solani*) est une autre espèce qui peut provoquer la distorsion des feuilles dans les cultures de poivrons.

Les pucerons adultes sont en majorité aptères (dépourvus d'ailes), quoique, dans des conditions de surpopulation, des adultes ailés puissent également se développer. Cette adaptation est un mécanisme de dissémination qui permet aux pucerons en provenance de l'extérieur de s'introduire dans une serre, ou de s'y propager rapidement.

Les adultes muent un certain nombre de fois avant de devenir adultes. Les dépouilles qu'ils laissent à chaque fois derrière eux sont des signes visibles de leur présence.

Dans une serre, tous les pucerons sont femelles. Leurs petits naissent vivants et peuvent se reproduire en 7–10 jours. Un puceron peut engendrer 60–100 petits sur une période de 20 jours. Les populations croissent donc très rapidement.

### Dommages

Les pucerons piquent le tissu végétal avec leurs pièces buccales et sucent la sève, ce qui provoque une déformation des feuilles et des fleurs. Ils exsudent une substance sucrée et collante, appelée miellat, qui favorise le développement de la fumagine (planche 107). Certains pucerons ont la capacité de transmettre des maladies virales, comme le virus de la mosaïque du concombre dans les cucurbitacées.

### Stratégies de lutte

Pour le dépistage des pucerons, employer des plaquettes jaunes encollées qui piègent les adultes ailés. Dans le cas des pucerons aptères, inspecter soigneusement et régulièrement les nouvelles feuilles afin d'empêcher une grosse infestation de se développer. Faire des traitements localisés aux foyers d'infestation isolés, afin de prévenir leur dispersion dans le reste de la serre.

### Lutte biologique

Il existe plusieurs agents de lutte qu'on peut se procurer facilement : le moucheron prédateur *Aphidoletes aphidimyza*, la guêpe parasite *Aphidius* spp. et les coccinelles (*Hippodamia convergens* et *Harmonia axyridis*). *Aphidoletes* et les coccinelles servent normalement de complément à l'action de l'*Aphidius*, afin de réduire les populations de pucerons dans les zones de forte infestation.

#### « *Aphidoletes aphidimyza* »

Au stade adulte, l'*Aphidoletes aphidimyza* ressemble à un petit moustique ou à une mouche des terreaux. Les femelles pondent leurs œufs (jusqu'à 200 au cours de leur vie) à proximité de colonies de pucerons, si bien que dès leur éclosion, les larves de couleur orangée sont tout près de leur source de nourriture.

Les œufs éclosent habituellement après 2–3 jours. Après 7–14 jours de stade larvaire, elles tombent au sol pour la pupaison. Ce stade dure habituellement environ 2 semaines. *A. aphidimyza* adulte se nourrit de miellat. Les larves peuvent tuer 3–50 pucerons par jour. Compte tenu de la longueur normale du jour, *A. aphidimyza* entre en diapause entre septembre et mars, et il est par conséquent inefficace au cours de cette période.

#### « *Aphidius* » spp.

Cette guêpe parasite n'entre pas en diapause et est habituellement plus efficace au cours de l'hiver, au début du printemps et à l'automne. Pendant l'été, d'autres espèces de guêpes parasites vivent aux dépens d'*Aphidius*, réduisant ainsi l'influence que cette dernière exerce sur les populations de pucerons. Les conditions optimales pour *Aphidius* se situent autour de 18–25 °C et de 80 % d'HR. Le passage d'*Aphidius* de l'œuf à l'adulte prend environ 10 jours à 25 °C et 14 jours à 21 °C.

Plusieurs espèces d'*Aphidius* sont offertes sur le marché : *Aphidius matricariae*, qui peut parasiter une quarantaine d'espèces de pucerons, y compris le puceron vert du pêcher; *Aphidius colemani*, qui est plus efficace contre le puceron du melon, mais qui donne quand même d'assez bons résultats contre le puceron vert du pêcher; et *Aphidius ervi*, qui constitue

le meilleur choix pour lutter contre le puceron vert et rose de la pomme de terre.

#### « *Hippodamia convergens* »

À la fois les stades adulte et larvaires de la coccinelle se nourrissent de pucerons. Une larve peut manger jusqu'à 400 pucerons et un adulte jusqu'à environ 5 000. *Hippodamia convergens* entre en diapause lorsque les journées raccourcissent. Si la longueur du jour leur est favorable, les coccinelles se nourriront de pucerons pour maintenir leur activité de ponte. Les œufs sont fuselés, orangés et disposés en amas circulaires à la face inférieure des feuilles. Ils éclosent en 2–5 jours.

Le stade larvaire dure environ 3 semaines, après quoi les larves se transforment en pupes. Les adultes sortent des pupes après 3–5 jours. Pour accroître le pourcentage de coccinelles qui restent dans la serre, pulvériser un liquide sucré, telle une boisson gazeuse diluée, sur les insectes, et faire les lâchers tard en soirée. Ce liquide sucré est une source immédiate d'énergie et d'eau.

#### « *Harmonia axyridis* »

Cette coccinelle est aussi appelée « coccinelle asiatique » ou « coccinelle asiatique multicolore ». L'adulte est ovale, convexe et long d'environ 6 mm. Le plus souvent, il est orangé avec des taches noires, mais certains sont noirs avec des taches rouges. Les œufs sont jaunes et pondus en grappes sur le revers des feuilles. Les larves sont habituellement noirâtres, ponctuées de taches jaune vif sur les côtés. À 25 °C, le cycle complet de l'œuf à l'adulte dure 16–20 jours. Les femelles vivent 2–3 mois et pondent chacune plusieurs centaines d'œufs durant leur vie. Les adultes et les larves sont voraces et dévoreraient 50–100 pucerons par jour.

(Voir aussi la fiche technique n° 06-082 du MAAARO, *Les pucerons en sericulture*.)

### Fausse-arpenteuse du chou

#### Description et cycle biologique

La fausse-arpenteuse du chou est une chenille vert pâle parcourue longitudinalement de plusieurs lignes

blanches ondulées (*planche 108*). Elle peut atteindre 4 cm de long. La façon dont elle se déplace en formant une boucle constitue une caractéristique de l'espèce. De minuscules fausses-arpenteuses sortent d'œufs de la grosseur de la tête d'une épingle. Ces œufs, blanc nacré et ronds, sont habituellement pondus sur le revers des feuilles. La fausse-arpenteuse du chou se nourrit principalement sur le revers des feuilles qu'elle macule d'excréments vert foncé en périphérie des zones dévorées. Ce stade larvaire nuisible dure environ 2 semaines, après quoi la larve mature amorce sa pupaison à l'intérieur d'un cocon tissé qui est attaché à la face inférieure d'une feuille. La pupe est d'abord vert pâle, puis devient de plus en plus foncée à mesure qu'elle approche la fin de la pupaison. Celle-ci peut aussi avoir lieu sous du plastique au sol ou dans le sol, le long des parois latérales. L'adulte sort des pupes après environ 2 semaines. Il est brun-gris avec une tache argentée qui ressemble à un « 8 » au centre de chaque aile antérieure. Le cycle biologique complet dure environ 28 jours.

En général, la fausse-arpenteuse du chou ne survit pas aux hivers canadiens, de telle sorte que les infestations commencent chaque année avec la migration des adultes en provenance du sud des États-Unis. Toutefois, si les conditions sont favorables, des individus peuvent survivre dans les serres d'une saison à l'autre.

### Dommages

Les dommages causés par les jeunes fausses-arpenteuses se reconnaissent aux petites zones mâchouillées superficiellement et arrachées sur le revers des feuilles. Au fur et à mesure que les fausses-arpenteuses grossissent, elles dévorent le parenchyme dans toute son épaisseur laissant des trous aux pourtours déchiquetés entre les nervures. La taille des trous est proportionnelle à la maturité des fausses-arpenteuses. Ces chenilles peuvent aussi se nourrir des fruits, bien qu'on les observe plus souvent sur le feuillage. Le gros des dommages est attribuable aux deux derniers stades larvaires.

### Stratégies de lutte

On en détecte d'abord la présence à l'aide de pièges lumineux ou de pièges sexuels. Les pièges lumineux

sont utiles durant les mois plus frais lorsque le risque d'attirer d'autres noctuelles nuisibles est amoindri. Les pièges sexuels peuvent servir à détecter la présence des papillons mâles. Voici un aperçu des principales méthodes de lutte :

- une bonne hygiène entre les cultures afin de débarrasser la serre de toute population résiduaire et de prévenir ainsi les infestations précoces dans la nouvelle culture;
- l'utilisation de pièges lumineux pour tuer les adultes;
- la pose de moustiquaires sur les orifices de ventilation et les portes afin d'empêcher les adultes d'entrer dans la serre;
- des applications fréquentes de l'insecticide bactérien *Bacillus thuringiensis* (DiPel, Foray), particulièrement pour cibler les premiers stades larvaires;
- des lâchers d'agents de lutte, comme la guêpe parasite *Trichogramma* spp., qui s'attaque à l'œuf de la fausse-arpenteuse du chou, et une autre guêpe parasite, *Cotesia marginiventris*, qui s'attaque aux larves.

## Punaise terne

### Description et cycle biologique

La punaise terne adulte mesure 5–6 mm de long, est plate, de forme ovale, de couleur brun verdâtre et comporte une marque jaune en forme de « Y » sur le dos (*planche 109*). Les individus des premiers stades (nymphes) sont vert pâle et font penser à des pucerons, si ce n'est qu'ils se déplacent rapidement lorsqu'on les dérange. À tous les stades, sauf au stade de l'œuf, les punaises ternes ont des stylets qu'elles utilisent pour percer les parties jeunes ou succulentes des végétaux et en extraire les jus. Elles se nourrissent d'un vaste éventail d'hôtes, notamment de la plupart des cultures fruitières et légumières, et de nombreuses mauvaises herbes. Les adultes hivernent habituellement à l'abri dans les débris de végétaux à l'extérieur, d'où elles sortent au début du printemps, à la recherche de sites de ponte, comme ceux que leur offrent les cultures de serre. Lorsqu'ils trouvent un hôte convenable (dont le poivron et le concombre de serre), ils insèrent leurs œufs dans les tissus des plants. Des nymphes sortent des œufs après quelques jours. Elles passent par cinq stades nymphaux et complètent leur cycle biologique



en environ 4 semaines, selon la température. Dans le sud-ouest de l'Ontario, on compte environ trois générations de punaises ternes par année à l'extérieur des serres, et probablement quelques générations de plus dans les serres.

### Dommages

La punaise terne se nourrit des fleurs et des points végétatifs. Elle cause des dommages en perçant les tissus et en y injectant de la salive qui cause la mort ou la déformation des tissus. S'ensuivent la perte des points végétatifs, l'avortement des fleurs et la déformation des organes en formation, comme les feuilles, les fleurs et les fruits. La perte des points végétatifs donne, ce qui est d'ailleurs caractéristique, des plants buissonnants, notamment chez les poivrons, à cause de la croissance simultanée des pousses latérales. Les cultivars de poivron jaune semblent être particulièrement attrayants pour la punaise terne.

### Stratégies de lutte

#### Surveillance et dépistage précoce

Le meilleur moyen de surveiller les populations de punaises ternes est de combiner l'utilisation de cartes jaunes encollées et l'inspection des cultures. Souvent, on trouve l'insecte sur les cartes avant d'en voir dans la culture. Le premier moyen de défense contre la punaise terne est le désherbage du périmètre de la serre, à compter de l'automne précédent. Cette opération décourage les populations d'hiverner aux alentours et de constituer une source d'infestation le printemps venu. Garder bien tondue une bande de 10 m entourant la serre. Installer des moustiquaires à grosses mailles sur les orifices de ventilation et les ouvertures de portes et autres pour empêcher les insectes de pénétrer dans la serre.

#### Lutte biologique

De bonnes populations de prédateurs généralistes comme *Orius* permettent de tenir la punaise terne en échec. *Anaphesiole*, une guêpe parasite, s'attaque uniquement au stade de l'œuf et est vendue comme agent de lutte biologique. Il existe d'autres agents de lutte, encore à l'essai, qui pourront éventuellement élargir le choix d'agents de lutte biologique contre la punaise terne.

## Pyrale du maïs

### Description et cycle biologique

La larve est le stade nuisible de la pyrale du maïs. Sa couleur va du gris à l'ocre, son dos comporte deux taches sombres et sa tête est d'un noir brunâtre (*planche 110*). Ces chenilles passent l'essentiel de leur vie à s'alimenter à l'intérieur de leur hôte (p. ex., le fruit du poivron). À l'extérieur de la serre, l'individu au cinquième et dernier stade larvaire hiverne à l'automne dans les débris de maïs et parvient au stade adulte le printemps suivant. Il mesure alors environ 1,5–2 cm de long, a le corps brun clair marqué de bandes ondulées sombres. Les adultes cherchent des hôtes convenables, comme le maïs et le poivron, et se mettent ensuite à pondre des œufs sur le revers des feuilles, par masses de 5–50 œufs qui ressemblent à de fines écailles de poissons. L'activité de ponte est favorisée par des soirées douces et calmes et une rosée qui dure toute la nuit. Immédiatement après l'éclosion, les minuscules larves se nourrissent quelque peu ou filent immédiatement une toile à laquelle elles se laissent pendre jusqu'à ce qu'elles trouvent un poivron. Elles le percent, habituellement sous le calice. Elles pénètrent dans le fruit et s'y installent pour se nourrir et accomplir leurs cinq mues. Après le dernier stade larvaire, la pupaison s'effectue soit à l'intérieur, soit à l'extérieur du fruit. Les infestations par la pyrale du maïs commencent normalement au printemps, vers mai ou le début de juin. On compte deux générations de la pyrale du maïs dans le sud-ouest de l'Ontario et une seule ailleurs en Ontario.

### Dommages

De toutes les principales cultures de serre (tomate, concombre, poivron, laitue), seul le poivron sert d'hôte à la pyrale du maïs. Les fruits sont la cible de ce ravageur; les dommages aux feuilles sont inexistantes ou sans conséquence. La larve pénètre dans le fruit et se nourrit de sa chair. En plus des dommages directs causés par son alimentation, le trou par lequel la pyrale pénètre dans le fruit est facilement envahi par la pourriture, ce qui aggrave la détérioration des tissus internes du fruit. Il peut être difficile de détecter une infestation précoce par la pyrale du maïs du fait que le trou creusé par la larve sous le calice peut



passer inaperçu. Plus tard, l'infestation se manifeste par la coloration prématurée du fruit et la présence d'excréments brun clair autour du trou d'entrée (*planche 111*).

### Stratégies de lutte

#### Surveillance et lutte culturale

La lutte contre la pyrale du maïs commence avant tout par le nettoyage, l'automne précédent, des sites servant d'abris pendant l'hiver, comme les champs de maïs et les zones herbeuses. Pour faire le dépistage des premiers vols de la pyrale du maïs au printemps, installer des pièges sexuels et des pièges à lumière noire. Les pièges lumineux attirent à la fois les mâles et les femelles; les pièges sexuels n'attirent pour leur part que les mâles.

#### Lutte biologique

La guêpe parasite *Trichogramma brassicae* a donné certains résultats au cours d'essais effectués dans des champs de maïs. Il s'agit d'une guêpe minuscule qui s'attaque uniquement au stade de l'œuf et qui doit être répartie uniformément dans la culture pour un maximum d'efficacité. Son efficacité dans les poivrons de serre reste à établir.

#### Lutte physique

L'installation de moustiquaires à mailles grossières sur les orifices de ventilation, les portes et autres ouvertures peut contribuer à limiter l'entrée des adultes dans la serre. Placer à l'extérieur de la serre, à au moins 10–20 m de celle-ci, des pièges à lumière ultraviolette qui attirent et tuent les adultes. Il faut prévoir pour ces pièges un dispositif de mise en marche par minuterie et un nettoyage périodique du mécanisme d'électrocution.

### Mouches des terreaux et mouches des rivages

#### Description et cycle biologique

La mouche des terreaux adulte, de couleur gris-noir, mesure environ 3–4 mm de long et possède de longues pattes, des antennes filiformes et de grands yeux composés qui se rejoignent à la base des antennes (*planche 112*). L'adulte vole peu : on le voit fréquemment au repos, à la surface du substrat.

Chaque femelle a une longévité d'environ 10 jours et pond quelque 150 œufs blancs et ovales dans la matière organique du milieu de culture. Ces derniers éclosent en 2–7 jours, selon la température, pour donner place à des larves blanches de 4–6 mm de long.

Les larves ont 12 segments abdominaux et une tête noire luisante caractéristique. Les larves tissent des cocons et demeurent immobiles dans le sol pendant 4–6 jours, après quoi les mouches adultes en sortent. Les mouches des terreaux, comme la plupart des insectes, sont plus actives et se développent plus rapidement à des températures plus élevées. Le cycle biologique prend 21 jours à 24 °C, comparativement à 38 jours à 16 °C.

Attention de ne pas confondre les mouches des terreaux avec les mouches des rivages, d'autres ravageurs qu'on trouve fréquemment dans les serres, mais qui sont toutefois plus gros, volent davantage et se distinguent par cinq points transparents sur les ailes. Leurs larves vivent dans le substrat comme celles des mouches des terreaux, mais elles n'ont pas de capsule céphalique noire, caractéristique de ces dernières. Les mouches des rivages préfèrent des conditions plus humides que les mouches des terreaux. On les trouve souvent dans des zones humides sous les tables où les adultes comme les larves se nourrissent d'algues.

#### Dommages

Bien que les mouches des terreaux se nourrissent généralement de matière organique en décomposition dans le sol, elles peuvent également se nourrir de jeunes racines de plantes, particulièrement lorsque les populations de mouches des terreaux sont importantes. Elles ont aussi déjà été observées en train de se nourrir de jeunes pousses de concombre. Le fait que les mouches des terreaux se nourrissent des racines rend les plantes affectées plus vulnérables aux maladies racinaires comme le pourridié pythien. D'ailleurs, les mouches des terreaux jouent un rôle dans la propagation d'organismes pathogènes comme *Pythium*, *Fusarium*, *Verticillium* et *Rhizoctonia*. Les mouches des rivages ne sont habituellement pas considérées comme une menace pour les cultures de serre, mais comme elles peuvent se nourrir des racines, elles risquent d'ouvrir la voie à des infections.

## Stratégies de lutte

L'hygiène dans la serre tout comme à l'extérieur est indispensable. Éviter l'arrosage excessif et assurer un bon drainage du milieu de culture pour empêcher la formation de flaques, car les mouches des terreaux et les mouches des rivages se plaisent dans un environnement humide. La lutte contre les mouches des rivages passe par la maîtrise des algues, soit directement, par l'emploi de produits chimiques, soit indirectement, par un abaissement du taux d'humidité nécessaire à la prolifération des algues ou par une réduction de la forte luminosité nécessaire aux algues. Voici d'autres stratégies qui peuvent se révéler utiles.

## Lutte biologique

Les agents de lutte biologique comprennent le staphylin, les acariens prédateurs *Hypoaspis* spp. et le nématode parasite *Steinernema feltiae*.

### « *Hypoaspis* »

*Hypoaspis* est un acarien brun vivant dans le sol qui se nourrit des œufs et des larves de mouches des terreaux ainsi que d'algues, de pupes de thrips, de collemboles, de nématodes et de larves d'un certain nombre de mouches et de coléoptères. *Hypoaspis* est un acarien vigoureux qui peut survivre environ 24 jours sans nourriture et qui n'est pas affecté par le manque de lumière. Son cycle biologique dure environ 9–11 jours dans une serre.

On trouve *Hypoaspis* surtout dans le premier centimètre supérieur de substrat. L'efficacité d'*Hypoaspis* est optimale lorsqu'on l'intègre au substrat immédiatement après la mise en terre des plantules de légumes. Pour un maximum d'efficacité, il doit être introduit quand les populations de mouches des terreaux sont faibles ou inexistantes.

### « *Atheta coriaria* » (staphylin)

*Atheta coriaria* est un petit coléoptère terricole de couleur noire (planche 113) qui mesure environ 3–4 mm de long. Il est très actif et à la fois le stade adulte et les trois stades larvaires se nourrissent de mouches des terreaux (œufs et larves) et de thrips (pupes). Le staphylin est produit et vendu à l'échelle commerciale, mais on en trouve aussi à l'état naturel et souvent dans les serres où l'on fait peu usage de

pesticides. On doit l'utiliser de la même manière qu'on utilise *Hypoaspis*, en l'introduisant tôt dans la culture pour combattre les ravageurs qui envahissent le sol.

### Nématodes (« *Steinernema feltiae* »)

Il vaut mieux traiter tôt et souvent, même lorsque la pression exercée par les ravageurs est faible, de manière à empêcher les populations de mouches des terreaux d'atteindre des seuils de nuisibilité. Cependant, le nématode *Steinernema feltiae* peut aussi être utilisé lorsque les populations de mouches des terreaux sont importantes. Ces nématodes envahissent les larves de mouches des terreaux par leurs orifices, puis y libèrent des bactéries qui se multiplient et tuent les larves. Comme les nématodes seraient apparemment incapables de se reproduire une fois qu'ils ont envahi les larves de mouches des terreaux, plusieurs applications consécutives de nématodes sont nécessaires pour une lutte continue. Pour que la lutte au moyen de nématodes soit efficace :

- durant l'application, remuer constamment les solutions renfermant les nématodes afin d'oxygéner l'eau et afin d'empêcher les nématodes de se déposer, ce qui procurerait une piètre distribution et une maîtrise inégale des insectes combattus;
- utiliser les solutions dans les 4 heures qui suivent;
- maintenir la température du substrat entre 16 et 30 °C;
- débarrasser le matériel de pulvérisation et les buses de tout filtre ayant une grosseur de maille de 50 ou des mailles plus fines;
- limiter la pression de la pompe à 2,068 kPa (300 psi);
- utiliser des systèmes d'application dont l'ouverture des buses est d'au moins 0,5 mm;
- toujours protéger le milieu de croissance des nématodes des rayons directs du soleil pour éviter la destruction des bactéries à l'intérieur du corps des nématodes;
- ne pas exposer les nématodes à un pH inférieur à 3 ni supérieur à 8.

Si le substrat a reçu des nématodes, avant d'y appliquer des fongicides, s'assurer que ceux-ci sont compatibles avec les nématodes. De même, avant d'appliquer des fongicides sur un substrat destiné à recevoir des nématodes, s'assurer que la rémanence des fongicides ne viendra pas compromettre l'efficacité des nématodes.

(Voir également la fiche technique n° 06-080 du MAAARO, *Mouches des terreaux et mouches des rivages dans les cultures de serre.*)

## Mineuse de la tomate

### Description et cycle biologique

La mineuse de la tomate est un insecte nuisible semi-tropical qui peut infester les cultures de tomates de l'Ontario. La mineuse de la tomate peut aussi avoir comme hôte la pomme de terre et l'aubergine et, parmi les mauvaises herbes, la morelle et les espèces qui y sont apparentées. L'adulte est un petit papillon nocturne brun pâle d'environ 6 mm de long. Généralement plus actif la nuit, il pond le gros de ses œufs sur les feuilles les plus jeunes durant ses toutes premières nuits d'activité. Les larves nouvellement écloses se déplacent à la surface de la feuille pendant un très court laps de temps avant de pénétrer dans la feuille et de commencer à y creuser des galeries (*planches 114, 115, 116*). Sur les quatre stades larvaires de la mineuse de la tomate, les deux premiers se passent dans la feuille. Les troisième et quatrième stades larvaires peuvent se passer entre deux feuilles tortillées ensemble, dans une feuille repliée sur elle-même ou à l'intérieur du fruit. Les larves ont cette caractéristique de pénétrer dans les fruits juste sous le calice. Les larves à maturité peuvent soit rester sur le plant, soit tomber au sol pour la pupaison. Au sol, la pupaison se produit normalement dans les 15 premiers centimètres de sol. La mineuse de la tomate n'entre pas en diapause, si bien qu'elle continue de se propager pendant toute l'année, même si elle ralentit un peu ses activités pendant les périodes de froid. Le passage de l'œuf à l'adulte prend habituellement entre 19 et 70 jours, selon la température. Le cycle biologique complet dure 28 jours à 24 °C et aussi peu que 19 jours à 30 °C.

## Dommmages

La mineuse de la tomate inflige des dommages aux plants en s'alimentant des feuilles et des fruits. Les dommages les plus courants sont les galeries que les larves creusent à l'intérieur du limbe. Au début, les galeries sont longues et étroites, mais elles s'élargissent par la suite pour former des taches. Les larves plus vieilles peuvent provoquer le repli de la feuille sur elle-même ou entortiller deux feuilles ensemble, puis se nourrir entre les deux, provoquant l'apparition de grosses taches. Lorsque les infestations sont graves, toutes les feuilles d'un plant sont attaquées, ce qui donne l'impression que la culture est brûlée. Des dommages plus directs sont causés à la culture quand les larves plus vieilles pénètrent dans les fruits à proximité en creusant un trou sous le calice. Elles laissent de petits trous aux points d'entrée, qui sont souvent maculés d'un peu d'excréments. Les points d'entrée sous le calice sont à peine visibles et peuvent facilement passer inaperçus au moment de l'emballage. Les larves peuvent aussi creuser dans les parois des tomates lorsque la culture est fortement infestée.

## Stratégies de lutte

- Inspecter toutes les plantules, à la recherche de dommages laissés par les larves;
- Détruire tous les vieux plants infestés et les débris de cultures infestées;
- Utiliser des pièges sexuels ou lumineux et faire une inspection régulière des cultures pour surveiller la présence d'adultes de la mineuse de la tomate. Remarquer que les pièges sexuels attirent uniquement les mâles de la mineuse de la tomate, tandis que les pièges lumineux attirent des individus des deux sexes et de nombreuses autres espèces d'insectes;
- Enlever à la main les feuilles endommagées et détruire les larves à l'intérieur des galeries;
- Détruire les mauvaises herbes et les plantules de tomate dispersées à l'intérieur et aux abords de la serre;
- Installer des moustiquaires sur les orifices de ventilation.

## Psylle de la pomme de terre

### Description et cycle biologique

Le psylle de la pomme de terre passe par trois stades : œuf, nymphe et adulte.

Les œufs, très petits, de forme elliptique, jaunes à orangés, sont supportés individuellement par de minuscules filaments et sont habituellement déposés sur le pourtour des feuilles. Une loupe qui grossit 10 fois est nécessaire pour les observer.

Les nymphes sont aplaties et semblent avoir une carapace bordée de courtes épines. Les jeunes nymphes sont brun pâle et verdissent de plus en plus à chaque mue. On les trouve habituellement sur le revers des feuilles dans la partie inférieure des plants. Elles bougent assez promptement quand elles sont dérangées. Elles sécrètent une substance blanche qui fait penser à du sucre granulé ou à du sel et qui s'accumule sur les feuilles sous les nymphes en train de s'alimenter (*planche 117*).

L'adulte est parfois comparé à un pou. Il ressemble à une petite cigale, mesure environ 2 mm de long, peut être de verdâtre à noir et porte une bande blanche caractéristique autour de l'abdomen. Il possède des ailes transparentes qui forment un toit au-dessus de son corps. Le psylle de la pomme de terre saute et vole avec empressement quand il est dérangé. Les adultes vont du jaune pâle au vert pâle quand ils viennent de sortir des pupes, puis deviennent gris ou noirs.

Une femelle à maturité peut pondre plus de 500 œufs durant les 21 jours que dure normalement la ponte. Il faut en moyenne 15–30 jours au psylle pour passer d'œuf à adulte. Une température de 27 °C favorise le psylle, tandis que des températures inférieures à 15 °C ou supérieures à 32 °C freinent son développement et compromettent sa survie.

### Domages

Les psylles de la pomme de terre, comme les pucerons et les cicadelles, sucent la sève des végétaux à l'aide de leurs pièces buccales de type perceur. Ils se nourrissent à la manière des pucerons, mais au lieu de produire un film luisant de miellat sur les feuilles, ils sécrètent un exsudat sucré qui ressemble à une poudre

blanche. Les nymphes constituent le stade nuisible. Lorsqu'elles s'alimentent, elles injectent une toxine qui provoque un état physiologique qui s'apparente à une jaunisse. Non seulement l'alimentation des psylles provoque-t-elle le jaunissement du plant, mais elle peut aussi faire perdre de la vigueur aux plants et nuire à leur rendement du fait d'une fructification réduite conjuguée à des fruits de moins gros calibre. Les symptômes de dommages comprennent le rabougrissement, la chlorose, des feuilles violacées, des feuilles difformes et des fruits petits et de piètre qualité. Les infestations par des psylles seraient moins graves dans les cultures de poivrons, car elles ne provoqueraient pas de jaunisse dans cette culture. Il n'en reste pas moins qu'une infestation oblige à laver les fruits pour les débarrasser des dépôts pulvérulents avant leur mise en marché.

### Stratégies de lutte

#### Surveillance

Inspecter les plants chaque semaine pour s'assurer de l'absence d'exsudat pulvérulent et de nymphes qui peuvent se trouver à la fois sur les faces supérieure et inférieure des feuilles. Des cartes jaunes encollées suspendues dans la partie supérieure du feuillage permettent la capture des adultes noirs ailés qui, à l'œil nu, ressemblent à des pucerons ailés.

#### Lutte physique

La lutte physique passe par l'enlèvement des feuilles infestées, une intervention qui a pour effet de réduire rapidement les populations.

#### Lutte biologique

Il semblerait que les punaises prédatrices *Dicyphus hesperus* et *Orius insidiosus* ainsi que la guêpe parasite *Tamarixia triozae* peuvent contribuer à la maîtrise temporaire des psylles. Toutefois, *Orius* ne serait peut-être pas aussi utile sur les tomates étant donné que les jeunes nymphes d'*Orius* ont tendance à rester prises dans les soies collantes présentes sur les surfaces des plants de tomate.



### Lutte chimique

Il n'existe aucun pesticide en Ontario qui soit homologué pour lutter spécifiquement contre les psylles.

## Mineuses

### Description et cycle biologique

Il existe deux principales espèces de mineuses d'intérêt pour les producteurs de l'Ontario : la mineuse maraîchère (*Liriomyza sativae*) et la mouche mineuse américaine ou mouche sinueuse du chou (*Liriomyza trifolii*). Une troisième espèce, la mouche mineuse sud-américaine (*Liriomyza huidobrensis*), responsable de dommages graves dans d'autres parties du monde, a été signalée également en Ontario. Bien que la mineuse américaine puisse compléter son cycle biologique sur les tomates et les concombres, elle préfère les chrysanthèmes, gerberas et gypsophiles. Par contre, la mineuse maraîchère préfère les tomates, les concombres et le céleri, mais s'attaque aussi aux chrysanthèmes et à d'autres plantes en l'absence de ses hôtes préférés. La mouche mineuse sud-américaine possède un large éventail d'hôtes et peut aussi bien envahir des cultures de plein champ, notamment des cultures de crucifères, de laitue et de céleri. Les trois espèces de mineuses ont une apparence et une biologie similaires.

La mineuse adulte est petite (environ 3 mm de long) et possède des marques jaunes et noires sur la tête et le thorax. Les adultes deviennent actifs à l'aube. Les femelles s'alimentent des feuilles succulentes et tendres en perçant la surface de la feuille de leur ovipositeur et en léchant le liquide qui exsude de la lésion.

Les femelles commencent à pondre entre 12 et 24 heures suivant leur sortie de la pupa. Elles pondent approximativement 250 œufs durant leur vie d'environ 30 jours en déposant les œufs à raison d'un œuf toutes les sept piqûres (« points ») de la feuille. La température optimale pour le développement de la mineuse est de 30 °C. Plus la température s'écarte de 30 °C, au-dessus ou au-dessous, plus grande est la chute de la ponte. Après 2–4 jours, les œufs éclosent et les larves commencent à s'alimenter et à miner le tissu de la feuille (planche 118).

En été, les larves parviennent à maturité en 4–7 jours; elles découpent ensuite un trou à la surface de la feuille et tombent au sol. La pupaison s'amorce en l'espace de quelques heures et les pupes demeurent dans le substrat ou sur la pellicule de plastique, le cas échéant. La pupaison peut également avoir lieu sur les feuilles. Le stade pupal peut durer 5–10 jours en été et jusqu'à 90 jours si les températures sont basses (10–12 °C) et que la nourriture est rare. Ce facteur peut expliquer la survie hivernale de l'insecte le long du périmètre intérieur de la serre, en dépit de l'absence de mineuses adultes. Une nouvelle génération de mouches adultes sort de ces pupes.

À l'intérieur d'une serre, il y a un chevauchement considérable des divers stades du cycle biologique de l'insecte. Le cycle complet de la mineuse peut s'effectuer en 14 jours à 30 °C, 24 jours à 20 °C, et 65 jours à 14 °C.

### Dommages

Les mineuses peuvent nuire indirectement au rendement des cultures en réduisant la surface de la plante servant à la photosynthèse et en endommageant les vaisseaux transportant l'eau, entraînant du coup la dessiccation et la chute des feuilles.

### Stratégies de lutte

- Faire l'examen minutieux de tout nouveau matériel végétal introduit dans la serre.
- Détruire les plantules, boutures ou parties de plantes infestées.
- Faire le dépistage des populations d'insectes nuisibles à l'aide de plaquettes jaunes encollées et d'inspections régulières des cultures.
- Éliminer les mauvaises herbes à l'intérieur comme à l'extérieur de la serre. Les plantes adventices comme le chénopode blanc, le mouroin des oiseaux, le pissenlit, le plantain, la mauve négligée et la morelle sont de bons hôtes pour la mineuse.
- Éviter de surfertiliser la culture, car un excès d'azote peut accroître les problèmes causés par la mineuse.
- Mettre les feuilles tombées dans des sacs et les sortir de la serre le plus tôt possible. Les larves de mineuses peuvent compléter leur développement dans les feuilles même une fois que celles-ci sont détachées du plant.



### Lutte biologique

La lutte biologique repose sur deux guêpes parasites *Diglyphus isaea* et *Dacnusa sibirica*. La guêpe *Diglyphus* se révèle être un meilleur choix l'été, puisqu'on bénéficie alors d'une augmentation naturelle de sa population du fait de la migration à l'intérieur de la serre d'individus de la même espèce présents dans l'écosystème environnant. L'hiver, la guêpe *Dacnusa* donne de meilleurs résultats.

#### « *Diglyphus isaea* »

*Diglyphus* est une petite guêpe noire ayant des reflets vert métallique et de courtes antennes. Une fois qu'elle a localisé une galerie, la femelle paralyse d'abord la mineuse, puis insère tout près d'elle un œuf dans la feuille. Elle peut déposer jusqu'à 5 œufs de cette façon. Elle en pond une soixantaine durant sa vie. La larve qui éclot est au départ incolore, puis devient jaune-brun et finalement turquoise. Le passage de l'œuf à l'adulte prend environ 11 jours à 25 °C, soit en général moins de temps que pour la mineuse et la guêpe *Dacnusa*.

La guêpe *Diglyphus* peut parasiter des mineuses déjà parasitées par la guêpe *Dacnusa*, si bien qu'elle devient l'espèce dominante au cours de l'été, lorsque les conditions de température sont propices à son activité. La présence de galeries courtes est un indice de l'activité de la guêpe *Diglyphus*, étant donné qu'une fois parasitée, la mineuse cesse immédiatement de s'alimenter.

#### « *Dacnusa sibirica* »

L'adulte est une petite guêpe noire qui diffère de la guêpe *Diglyphus* par ses longues antennes souples et l'absence des reflets vert métallique. Contrairement à la femelle *Diglyphus*, la femelle *Dacnusa* insère un œuf dans le corps de la mineuse. Chaque femelle vit environ 2 semaines, période pendant laquelle elle peut pondre jusqu'à 90 œufs.

Les œufs éclosent en 4 jours. Les larves viennent à maturité à l'intérieur des pupes de mineuse. Le passage de l'œuf à l'adulte prend environ 2 semaines à 22 °C. Toute la croissance de la guêpe *Dacnusa* se fait à l'intérieur du corps de la mineuse, ce qui rend difficile l'évaluation de l'activité du parasite.

### Ravageurs sporadiques des cultures de serre

#### Chenilles

De nombreux insectes ont un stade de croissance sous forme de chenilles susceptibles de causer des dégâts aux cultures de serre. C'est le cas des tordeuses, des enrouleuses, des légionnaires, des vers-gris, des arpeuteuses, de certains vers et bytures, des pyrales, des sphinx, des lieuses et des perce-tiges. Les noctuelles adultes de ces chenilles sont pour la plupart attirées par la lumière des serres en été. De leurs œufs proviennent les chenilles qui ravagent les cultures de serre.

Les légionnaires et les vers-gris se nourrissent directement du feuillage et peuvent causer des dégâts considérables. Ces deux insectes sont de couleur brun foncé ou grise avec rayures longitudinales. Les vers-gris se terrent dans le sol durant le jour et sortent le soir pour se nourrir. On peut venir à bout des légionnaires et des vers-gris en utilisant les insecticides recommandés contre les chenilles.

D'autres chenilles, comme les perce-tiges tachetés creusent dans les tiges des plantes et peuvent, par conséquent, être plus difficiles à détruire.

Les pièges sexuels (à phéromones) peuvent être utilisés pour le dépistage de certaines espèces de papillons de nuit, tandis que les pièges lumineux permettent de détecter la présence d'un éventail plus large d'espèces. Il est préférable de faire le dépistage précoce de ces espèces et de commencer à les combattre sans tarder. La pose de moustiquaires sur les orifices de ventilation bloque l'entrée de tous les stades adultes des chenilles. Un bon programme de lutte contre les mauvaises herbes aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur des serres réduit par ailleurs les foyers d'infestation potentiels. Les insecticides bactériens Dipel ou Foray assurent une bonne maîtrise des arpeuteuses et de la plupart des chenilles défoliatrices qui ne sont pas des mineuses.

#### Chrysomèle rayée du concombre

Il s'agit d'un coléoptère jaune-vert mesurant environ 6 mm de long et caractérisé par trois rayures longitudinales. Cet insecte ainsi qu'une proche parente, la chrysomèle maculée du concombre, sont vecteurs de la bactérie *Erwinia tracheiphila* qui provoque le

flétrissement bactérien dans les cultures de concombre et d'espèces apparentées comme le melon et la courge. La chrysomèle rayée du concombre hiverne au stade adulte sous les feuilles, les vieux rondins ou les déchets laissés à l'extérieur. Elle sort le printemps suivant, s'accouple et s'alimente pendant plusieurs semaines, puis pond ses œufs jaune orangé dans le sol à la base des plants. Les larves éclosent habituellement 10 jours plus tard pour se nourrir des racines des plantes pendant 2-6 semaines. À maturité, les larves mesurent environ 9 mm de long. La pupaison se produit dans le sol. Les adultes sortent des pupes après environ 1 semaine. On ne compte qu'une génération de cet insecte par année en Ontario.

Les adultes endommagent les plants en mâchouillant les feuilles, les tiges et les fruits. Le plus gros des dommages est toutefois attribuable à la bactérie responsable de la flétrissure qui habite leur tube digestif et qui résiste à l'hiver, protégée par le corps des chrysomèles hivernantes. Au printemps, l'insecte inocule la maladie aux plants en s'en nourrissant.

Il n'y a aucun moyen de lutter contre la flétrissure une fois que la plante est infectée. Les feuilles inoculées flétrissent généralement dans les 5-6 jours et la plante meurt en moins de 2 semaines. La chrysomèle rayée du concombre peut aussi transmettre le virus de la mosaïque du concombre. L'idéal est d'installer des moustiquaires sur toutes les ouvertures de la serre pour empêcher les adultes d'y pénétrer.

### **Cloportes**

Les cloportes ont un corps ovale, gris et aplati, mesurant jusqu'à 13 mm de longueur et garni de sept paires de pattes. On reconnaît le cloporte commun à ses deux appendices en forme de queue, absents chez le cloporte vulgaire. Tous deux sont détritivores mais peuvent, à l'occasion, se nourrir des racines et des parties tendres des plantes, endommageant ainsi les plantules. Ils se nourrissent la nuit et se dissimulent le jour, préférant des endroits sombres et humides, riches en matière organique. La stérilisation du sol et l'élimination de tout débris végétal en décomposition ainsi que de tout lieu humide contribueront à empêcher ces organismes de pulluler. Bon nombre des stratégies de lutte employées contre les limaces et les escargots sont également efficaces contre les cloportes.

### **Collemboles**

Ces petits insectes dépourvus d'ailes, mesurent 2 à 6 mm de long. Ils peuvent être blancs, gris, jaunes, rouges, orangés, violets, bruns ou tachetés. On retrouve habituellement les collemboles à la surface du sol humide des pots ou dans le sol même. Ils possèdent un appareil tendu comme un ressort à l'extrémité de leur abdomen qui leur permet de sautiller en l'air. La plupart sont détritivores, se nourrissant de matière organique en décomposition, d'algues ou de champignons. Comme ils ne se nourrissent habituellement pas de matériel vivant, le recours à la lutte chimique est rarement justifié.

### **Escargots et limaces**

Les limaces sont des êtres à corps mou de couleur gris foncé, d'une longueur variant de 1,3 à 10 cm. Elles glissent sur les plantes en laissant derrière elles une trainée luisante. Elles se nourrissent du feuillage de la plupart des plantes de serre, déchiquetant les feuilles et pouvant même détruire entièrement les plants.

Les escargots sont de coloration et d'apparence semblables à celles des limaces sauf que l'escargot transporte sa coquille en tout temps. Les coquilles ont des couleurs et des marques variées et mesurent de 1,3 à 5 cm de diamètre. Les escargots sont particulièrement préjudiciables aux jeunes plants et percent des trous dans les fleurs et les feuilles de nombreuses plantes. À lui seul, un escargot peut pondre jusqu'à 100 œufs, selon l'espèce. Les limaces pondent moins d'œufs, quoique ceux-ci peuvent résister à de longues périodes de sécheresse et n'éclore qu'une fois les conditions d'humidité rétablies. Escargots comme limaces ont besoin d'un milieu humide et d'une forte hygrométrie pour survivre. Ils fuient le soleil et sortent surtout la nuit ou par temps couvert. Le jour, les limaces se cachent sous des planches et des pierres ou à d'autres endroits qui leur procurent ombre et humidité. Si l'air ou le substrat est sec, l'escargot se recroqueville complètement dans sa coquille et entre dans une période de dormance qui peut durer jusqu'à 4 ans.

Des producteurs soutiennent que certains nématodes parasites sont efficaces contre les limaces. On peut lutter indirectement contre ces organismes en

s'employant à détruire ce qu'ils recherchent comme habitat. Voici donc certains conseils utiles :

- Éliminer planches, briques et autres objets en contact avec le sol ou les disposer de manière à ce que l'air puisse circuler tout autour.
- Maintenir une densité de peuplement qui permette aux rayons du soleil d'atteindre le sol, à l'air de circuler et au substrat de s'assécher.
- Si la culture ne se prête pas à une faible densité de peuplement, utiliser un couvre-sol qui ne plaît pas aux escargots, tel que copeaux de cèdre grossiers ou coquilles écrasées.
- Pourvu qu'elles restent sèches, la sciure de bois et la terre de diatomées peuvent constituer une barrière efficace.

Différentes choses peuvent servir à attirer et à capturer les limaces et les escargots dans le but de les détruire par la suite. De la bière ou un mélange d'eau et de levure commerciale peut servir d'appât. Pour attirer ces déprédateurs, on installe, à l'envers, soit des pots de fleurs renfermant des escargots et des limaces broyés, soit des moitiés de pamplemousses.

La lutte chimique s'effectue à l'aide d'appâts toxiques faits de son et de métaldéhyde. Le métaldéhyde étant toxique, veiller à ce que les enfants et les animaux domestiques n'y soient pas exposés. Il y a de fortes chances que l'usage prolongé de ces appâts favorise l'apparition d'une résistance au sein des populations locales d'escargots et de limaces.

### Fourmis

Elles sont facilement reconnaissables à leurs antennes coudées et à leur fine taille. Elles mesurent de 1,5 à 6 mm de long.

Dans les serres où des insectes produisent un miellat en s'alimentant et où les fleurs ont des nectaires, les fourmis peuvent présenter un problème, car elles sont friandes de ces substances sucrées. Elles peuvent aussi interférer avec l'activité normale des bourdons là où ceux-ci sont utilisés pour la pollinisation. Traiter l'ensemble des pistes et des nids de fourmis repérés dans la serre ou aux abords de la serre. L'inondation des nids avec un savon insecticide et l'utilisation d'appâts renfermant de l'acide borique domestique peuvent donner certains résultats.

### Nématodes parasites du système racinaire

Les nématodes ne constituent pas un problème de taille dans la culture hydroponique des légumes, mais il arrive qu'on en observe là où la propreté de la serre laisse à désirer.

Les nématodes qui parasitent les plantes sont des organismes semblables à des vers qui font moins de 1 mm de long et qui vivent dans le substrat. On les divise en deux grands groupes : les ectoparasites, qui attaquent les plantes de l'extérieur, et les endoparasites, qui passent au moins une partie de leur cycle biologique à l'intérieur des tissus des végétaux. Tous les nématodes parasites sont pourvus d'un stylet buccal qui leur sert à injecter de la salive dans les tissus des végétaux. Et c'est justement cette salive qui cause le plus de dommages et qui entraîne la mort des cellules ou la prolifération de cellules géantes produisant des galles. Les nématodes font du tort aux plantes essentiellement en minant leur capacité d'absorber l'eau et les éléments nutritifs. Dans les parties aériennes des plantes, la présence des nématodes se manifeste par des plants affaiblis qui se fanent au soleil, des feuilles jaunes ou vert pâle, et des fruits ou des fleurs rabougris.

Lorsqu'on emploie des nématicides entre des cultures produites sur sol, les infestations de nématodes sont souvent récurrentes en raison de la pénétration insuffisante des produits chimiques dans les couches plus profondes du sol. Toujours aérer convenablement les sols traités avec des nématicides afin d'éviter des dommages ultérieurs aux plantes.

#### *Nématode à stylet, « Paratylenchus projectus » (Jenkins)*

Ce nématode, qui est indigène en Ontario, s'attaque à un vaste éventail de cultures de serre (maraîchères et florales). Tous les stades de ce nématode sont filiformes et invisibles à l'œil nu. Cette espèce est active aussi bien dans les sols à texture fine (argile) que dans les sols à texture grossière (sable). Le nématode à stylet ne pénètre pas à l'intérieur des racines, mais se nourrit des tissus situés au bout de celles-ci en piquant les poils absorbants et les cellules en surface. Aucun symptôme racinaire spécifique tel que galles ou lésions n'est apparent.

**Nématode cécidogène du nord,  
« *Meloidogyne hapla* » (Chitwood)**

Il s'agit d'un autre nématode endoparasite, indigène des sols de l'Ontario. Il s'attaque à presque tous les genres de légumes et à de nombreuses cultures florales, notamment le rosier, la violette africaine et le géranium. Les premiers stades larvaires sont filiformes et invisibles, alors que les derniers stades et les adultes ont la forme d'une perle ou d'une arachide et ne sont visibles que lorsqu'ils sont séparés des racines. Ce nématode, qui envahit les racines, est la cause de renflements et de nodosités (ou galles) et de la prolifération excessive des racines. Les racines infestées ne deviennent pas nécessairement décolorées sauf si elles sont attaquées par des bactéries et par des champignons.

**Nématode cécidogène du sud,  
« *Meloidogyne incognita* » (Kofoid et White)**

Ce nématode endoparasite n'est pas indigène en Ontario, mais la protection environnementale conférée par les serres lui permet d'y survivre. En hiver, il périt hors de la serre. Il s'attaque à la tomate, au concombre et à plusieurs cultures florales ou de plantes vertes. Les dégâts aux racines et les symptômes se distinguent de ceux du nématode cécidogène du nord par la taille plus grosse des galles et l'absence de pilosité fine sur les galles. Parfois, les feuilles de tomate présentent une coloration violacée sur leur face inférieure (un symptôme qui s'apparente à celui d'une carence en phosphore) ou leur pourtour s'enroule vers le bas; les plants de tomate et de concombre affectés flétrissent facilement.

**Nématode dague,  
« *Xiphinema diversicaudatum* » (Micoletzky)**

Il s'agit d'un nématode ectoparasite qui n'est pas indigène en Ontario, mais qui a été introduit dans les serres sur le matériel végétal. Le nématode dague préfère les plantes aux racines ligneuses et il est le plus souvent associé à des cultures comme celles du fraisier, de la vigne et du rosier. Ce nématode habite les aisselles racinaires du porte-greffe. Étant l'un des plus gros nématodes à s'attaquer aux plantes, ce ver filiforme de 6 mm de long peut être observé à l'œil nu sur les racines si on regarde bien attentivement. Il se

nourrit des jeunes racines tout en demeurant dans le sol et entraîne la formation de galles qui ne sont pas sans rappeler les galles qu'on retrouve sur les plants atteints de nodosité des racines, sauf qu'elles sont plus grosses. Ces galles sont en fait un renflement incurvé du bout de la racine, accentué par la nécrose et le recroquevillement des racines au-dessus des galles.

**Nématode des racines,  
« *Pratylenchus penetrans* » (Cobb)**

Nématode indigène des sols de l'Ontario, cet endoparasite peut s'attaquer à un vaste éventail de cultures florales et légumières de serre. Tous les stades sont filiformes et invisibles à l'œil nu. Ce nématode envahit les tissus extérieurs des jeunes racines, laissant de petites lésions brunes ou noires de forme elliptique qui se fusionnent pour décolorer les racines et les détruire.

**Ravageurs vertébrés**

Les rats et les souris peuvent être très préjudiciables dans la serre. Ils se nourrissent de n'importe quel type d'aliments et causent des dégâts en rongant et en creusant.

Le surmulot (ou rat d'égout) et le campagnol des champs sont les ravageurs vertébrés les plus communs des serres. Les appâts renfermant des rodenticides à base de chlorophacinone, de diphacinone, de warfarine et de phosphure de zinc peuvent donner certains résultats. Les trois premiers produits chimiques sont des anticoagulants qui nécessitent habituellement des doses multiples. Le phosphure de zinc n'est pas un anticoagulant et il est plus toxique; une seule dose peut suffire à tuer un rongeur. Prendre soin de déposer les appâts sous des abris hors d'atteinte des animaux domestiques.

Pour réduire au minimum les risques d'apparition d'une résistance aux rodenticides, particulièrement aux anticoagulants, voici les mesures à prendre :

- Remiser tout ce qui peut constituer de la nourriture pour les rongeurs dans des contenants étanches.
- Utiliser un grand nombre de pièges là où il y a des signes d'activité, à raison de un piège tous les 2-3 m le long des parois de la serre.



- Disposer les pièges à angle droit par rapport aux parois, avec l'appât et l'élément déclencheur face au mur.
- Manipuler les appâts avec des gants pour éviter d'y laisser l'odeur de l'humain.
- Faire l'essai de différents appâts. On suggère d'utiliser le beurre d'arachide mélangé à du son, à des raisins secs, à des gouttes de matière gommeuse ou de nourriture collante ou à du coton (qui procure aux rongeurs du matériel de nidification).

### Sauterelles

Les sauterelles, facilement identifiables, envahissent occasionnellement les serres. Leur alimentation s'effectue sur presque tout type de végétation et, en grand nombre, elles peuvent détruire les plantes. Le foin et les mauvaises herbes près des serres peuvent occasionner une infestation de ces insectes, généralement vers la fin de l'été et en automne.

### Symphyles

Les symphyles sont de petits ravageurs blancs qui ressemblent à des mille-pattes. On les trouve sous les pierres, dans le bois pourri et dans des sols humides et riches en matière organique en décomposition. Ils ont un corps mince et blanc de 1–5 mm de longueur, 10–12 paires de pattes ainsi que de longues antennes. (Par comparaison, les mille-pattes ont pour leur part 15 paires de pattes.) Contrairement aux mille-pattes qui sont des insectes utiles de type prédateurs et qui ont pour proies de nombreux insectes, les symphyles peuvent se nourrir quant à eux des racines des plantes. Dans de nombreuses cultures, les symphyles laissent derrière eux des marques noires minuscules sur les racines aux endroits où ils ont creusé des lésions hémisphériques. Les racines blessées se transforment en moignons épais, et la plante prend une apparence rabougrie. Les dommages causés par les symphyles constituent des points d'accès pour les maladies provoquant la pourriture des racines.

## Lutte contre les mauvaises herbes

La lutte contre les mauvaises herbes à l'extérieur et à l'intérieur de la serre est l'une des facettes importantes de tout programme de lutte antiparasitaire. Les mauvaises herbes peuvent servir de refuge aux insectes nuisibles et de réservoir pour les maladies. L'entretien assidu d'une lisière de gazon d'une largeur de 10 m autour des serres et entre elles diminuera les risques d'invasion par des insectes et des maladies provenant de l'extérieur. Utiliser de la fétuque aux abords de la serre, car il s'agit de l'une des graminées les moins attirantes pour les thrips des petits fruits.

L'application d'herbicide, le binage et le désherbage manuel demeurent toujours les méthodes les plus pratiques de lutte contre les mauvaises herbes dans les serres et à leurs abords. Cependant, d'autres méthodes peuvent avoir l'avantage d'exiger moins de main-d'œuvre, dont la pasteurisation du sol à l'aide de vapeur et la fumigation du sol.

### Herbicides

La publication 75F du MAAARO, *Guide de lutte contre les mauvaises herbes*, présente des renseignements sur les herbicides homologués en Ontario. Les traitements apparaissant dans cette publication ont été homologués à la suite de multiples essais en plein champ et d'observations à la ferme.

S'ils sont mal utilisés à l'extérieur de la serre, les herbicides risquent d'endommager les cultures qui se trouvent dans la serre. Pour réduire au minimum le risque de dérive de pesticides dans la serre, prendre les précautions suivantes :

- **Fermer les ventilateurs pour éviter de faire pénétrer les herbicides dans la serre.**
- **Fermer les orifices de ventilation avant la pulvérisation.** Effectuer la pulvérisation très tôt afin d'éviter que les températures dans la serre ne montent trop. Attendre au moins 30–60 minutes après la fin du traitement avant d'ouvrir les orifices de ventilation.
- **Effectuer la pulvérisation d'herbicides seulement par vent faible, d'une vitesse inférieure à 11 km/h.** Des vents forts augmentent la dérive de pulvérisation et transportent les gouttelettes plus



loin, augmentant ainsi la possibilité que la dérive ne pénètre dans la serre.

- **Utiliser des buses qui réduisent au minimum la dérive.**
- **Utiliser un pulvérisateur avec écrans.** Les écrans rattachés à la buse permettent de limiter la dérive de pulvérisation et de mieux diriger le jet sur la cible.
- **Régler le pulvérisateur pour augmenter la taille des gouttelettes.** Comme des gouttelettes plus petites augmentent la dérive de pulvérisation, on peut réduire au minimum la dérive en augmentant la taille des gouttelettes ou en diminuant la pression du pulvérisateur.
- **Si possible, recourir à des applications par humectation.** Cette technique permet de réduire au minimum et d'éliminer la dérive.

Lire les renseignements sur les produits chimiques, les mises en garde et les consignes de calibrage, d'entretien et d'utilisation des pulvérisateurs dans la publication 75F du MAAARO, *Guide de lutte contre les mauvaises herbes*. Si le sol renferme des résidus d'herbicides nuisibles, appliquer du charbon activé pour atténuer le problème. La dose varie en fonction du type de contaminant chimique et de sa concentration. Une dose de 0,5–1,5 kg par 100 m<sup>2</sup> est courante.

Voir la publication 835F du MAAARO, *Guide de protection des légumes de serre*, pour plus de détails sur les précautions à prendre avec les pesticides.

## 14. Annexes

### **Annexe A. Personnel du MAAARO spécialisé dans la culture des légumes de serre**

---

#### **Gillian Ferguson**

*Spécialiste de la lutte intégrée contre les ennemis  
des cultures légumières en serre*

Centre de recherches sur les cultures abritées et  
industrielles

2585, route de comté 20

Harrow (Ontario) N0R 1G0

Tél. : 519 738-1258

Télec. : 519 738-4564

Courriel : gillian.ferguson@ontario.ca

#### **Shalin Khosla**

*Spécialiste de la culture des légumes en serre*

Centre de recherches sur les cultures abritées et  
industrielles

2585, route de comté 20

Harrow (Ontario) N0R 1G0

Tél. : 519 738-1257

Télec. : 519 738-4564

Courriel : shalin.khosla@ontario.ca

La liste complète des conseillers et spécialistes du  
ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des  
Affaires rurales de l'Ontario se trouve sur le site Web  
du MAAARO à [www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures).

#### **Centre d'information agricole**

Offre, à la grandeur de la province, au moyen d'un  
numéro sans frais, de l'information technique et  
commerciale aux entreprises agricoles, agroalimentaires  
et rurales.

1, ch. Stone Ouest

Guelph (Ontario) N1G 4Y2

Tél. : 1 877 424-1300

Télec. : 519 826-3442

Courriel : [ag.info.omafra@ontario.ca](mailto:ag.info.omafra@ontario.ca)

## **Annexe B. Services de diagnostic**

Les échantillons destinés au diagnostic de maladies, à l'identification d'insectes ou de mauvaises herbes, ou au dépistage de nématodes ou du champignon *Verticillium* peuvent être expédiés à la :

### **Clinique de diagnostic phytosanitaire**

Division des services de laboratoire

Université de Guelph

95, ch. Stone Ouest

Guelph (Ontario) N1H 8J7

Tél. : 519 767-6256

Télec. : 519 767-6240

Courriel : [pdcd@lsd.uoguelph.ca](mailto:pdcd@lsd.uoguelph.ca)

Soumettre les formulaires de soumission d'échantillon accompagnés d'un paiement. On peut se procurer les formulaires sur le site suivant :

[www.labservices.uoguelph.ca/units/pdc/](http://www.labservices.uoguelph.ca/units/pdc/).

### **Grille des tarifs**

Pour connaître la grille des tarifs, consulter le site [www.labservices.uoguelph.ca/units/pdc/](http://www.labservices.uoguelph.ca/units/pdc/) ou téléphoner à la Clinique de diagnostic phytosanitaire au 519 767-6256.

### **Plantes présentées pour identification ou diagnostic**

#### **Formulaires de demande d'analyse**

On peut se procurer les formulaires en les téléchargeant depuis le site Web de la Clinique de diagnostic phytosanitaire de l'Université de Guelph à [www.labservices.uoguelph.ca/units/pdc/](http://www.labservices.uoguelph.ca/units/pdc/). Prendre soin de bien remplir chacune des sections du formulaire.

Choisir un échantillon complet et représentatif montrant les premiers symptômes. Présenter un échantillon aussi complet que possible de la plante, y compris le système racinaire ou plusieurs plants montrant une gamme de symptômes. Si les symptômes se manifestent partout, prélever l'échantillon dans une zone où les dommages sont intermédiaires. Les matières complètement mortes sont habituellement inutiles à des fins de diagnostic.

Les spécimens de plantes présentés à des fins d'identification devraient comporter au moins une portion de 20 à 25 cm de la partie supérieure de la tige et des bourgeons latéraux, des feuilles, des fleurs ou des fruits dans un état qui permet de les identifier. Envelopper les plants dans du papier journal et les mettre dans un sac de plastique. Placer le système racinaire dans un sac de plastique séparé, bien attaché, pour éviter son dessèchement et la contamination des feuilles. Ne pas ajouter d'eau, de façon à ne pas encourager la décomposition durant le transport. Coussiner les spécimens et les emballer dans une boîte rigide pour éviter tout dommage durant le transport. Éviter de laisser des spécimens exposés à des températures extrêmes dans un véhicule ou dans un endroit où ils pourraient se détériorer.

#### **Envoi des échantillons**

Expédier les échantillons le plus tôt possible et en début de semaine, par courrier de première classe ou par messagerie, à la Clinique de diagnostic phytosanitaire.

### **Spécimens d'insectes présentés pour identification**

#### **Prélèvement des échantillons**

Placer les cadavres d'insectes à corps dur dans des éprouvettes ou des boîtes en prenant soin d'entourer celles-ci de papier-mouchoir ou de ouate. Dans le cas d'insectes à corps mou et de chenilles, les placer dans des éprouvettes contenant de l'alcool. Ne pas utiliser d'eau, car elle ferait pourrir le spécimen. Pour l'expédition, ne pas fixer les insectes sur du papier au moyen de ruban gommé ni les laisser libres dans une enveloppe.

Placer les insectes vivants dans un contenant renfermant suffisamment de végétaux pour les nourrir pendant le transport. S'assurer d'inscrire la mention « vivant » sur le contenant.



LABORATORY SERVICES

# FORMULAIRE DE SOUMISSION D'ÉCHANTILLON

95 rue Stone ouest  
 Guelph (Ontario) N1H 8J7  
 Tél: (519) 767-6256  
 Fax: (519) 767-6240  
 Web: [www.uoguelph.ca/pdc](http://www.uoguelph.ca/pdc)

USAGE INTERNE SEULEMENT LS Form: SubP01/04/03f Pg. 1 / 1

Reçu: a: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_

 Reçu le: ☐ Post ☐ Messagerie ☐ En personne

Échantillon LS: \_\_\_\_\_ en \_\_\_\_\_

Montant reçu: \$ \_\_\_\_\_ Receipt #: \_\_\_\_\_

## Laboratoire de diagnostic phytosanitaire

Nom du requérant:			Nom du producteur (si différent du requérant):		
Nom de l'entreprise ou organisme:			Nom de l'entreprise ou organisme:		
Adresse:			Adresse:		
Ville:	Province:	Code postal:	Ville:	Province:	Code postal:
Téléphone: ( ) -	Fac-similé: ( ) -		Téléphone: ( ) -	Fac-similé: ( ) -	
Courriel:			Courriel:		

À moins d'avis contraire, le rapport et invoice ne sera remis qu'au requérant.

 Transmettre le rapport au: ☐ Requérant ☐ Producteur Rapport Format Requis: ☐ Fac-similé ☐ Courriel ☐ Poste

 Facture au: ☐ Requérant ☐ Producteur Citation #: \_\_\_\_\_ Purchase Order / U of G G/L code: \_\_\_\_\_

**Services requis:** ☐ Diagnostic ☐ Identification d'insecte ☐ Identification de plant ☐ Nématode à kyste du soya  
☐ Dénombrement de nématodes ☐ Dénombrement de nematodes des racines ☐ Dénombrement de Verticillium du sol

Plante ou culture attaquée:		Cultivar/Variété:	# D'Identification:
		Provenance (i.e. serre, champ, verger, jardin, etc.):	
Superficie en culture:	% de plants effectés:	Apparition des symptômes: <input type="checkbox"/> Jours <input type="checkbox"/> Semaines <input type="checkbox"/> Mois <input type="checkbox"/> Années	Niveau de dommage: <input type="checkbox"/> Sévère <input type="checkbox"/> Modéré <input type="checkbox"/> Léger
Histoire des cultures:		Culture à venir:	

Décrire le problème en détails (i.e. symptômes, organes affectés, localisation du problème):

---



---



---



---



---



---



---



---

Pesticides et herbicides utilisés? S.V.P. spécifier le nom des produits e les dates d'application:

---



---



---



---

Commentaires et autres requêtes:

---



---



---



---



---



---



---



---

 Information supplémentaire: ☐

## **Annexe C. Autres ressources**

### **CENTRES DE RECHERCHES D'AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE CANADA**

[http://www.agr.gc.ca/index\\_f.php](http://www.agr.gc.ca/index_f.php)

#### **Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles**

2585, route de comté 20  
Harrow (Ontario) N0R 1G0  
Tél. : 519 738-2251

#### **Centre de recherches du Sud sur la phytoprotection et les aliments**

1391, rue Sandford  
London (Ontario) N5V 4T3  
Tél. : 519 457-1470

#### **Ferme expérimentale de Delhi**

Chemin Schafer, C.P. 186  
Delhi (Ontario) N4B 2W9  
Tél. : 519 582-1950

#### **Ferme expérimentale de Vineland**

4902, av. Victoria Nord  
Vineland (Ontario) L0R 2E0  
Tél. : 905 562-4113

### **BUREAUX RÉGIONAUX DE L'AGENCE CANADIENNE D'INSPECTION DES ALIMENTS (PHYTOPROTECTION)**

[www.inspection.gc.ca/francais/tocf.shtml](http://www.inspection.gc.ca/francais/tocf.shtml)

#### **Belleville**

345, rue College Est  
Belleville (Ontario) K8N 5S7  
Tél. : 613 969-3333

#### **Brantford**

625, ch. Park N., bur. 6  
Brantford (Ontario) N3T 5P9  
Tél. : 519 753-3478

#### **Hamilton**

709, rue Main Ouest, bur. 101  
Hamilton (Ontario) L8S 1A2  
Tél. : 905 572-2201

#### **London**

100, ch. Commissioners E.  
Bur. 19  
London (Ontario) N5Z 4R3  
Tél. : 519 691-1300

#### **District d'Ottawa**

38, rue Auriga, unité 8  
Ottawa (Ontario) K2E 8A5  
Tél. : 613 274-7374, p. 221

#### **St. Catharines**

395, rue Ontario, C.P. 19  
St. Catharines (Ontario)  
L2N 7N6  
Tél. : 905 937-8232

#### **Toronto**

1124, av. Finch Ouest, unité 2  
Downsview (Ontario) M3J 2E2  
Tél. : 416 665-5055

### **UNIVERSITÉ DE GUELPH**

#### **Campus principal**

Guelph (Ontario) N1G 2W1  
Tél. : 519 824-4120  
[www.uoguelph.ca](http://www.uoguelph.ca)

#### **Campus d'Alfred**

Alfred (Ontario) K0B 1A0  
Tél. : 613 679-2218  
Télec. : 613 679-2423  
[www.alfredc.uoguelph.ca](http://www.alfredc.uoguelph.ca)

#### **Campus de Kemptville**

Kemptville (Ontario) K0G 1J0  
Tél. : 613 258-8336  
Télec. : 613 258-8384  
[www.kemptvillec.uoguelph.ca](http://www.kemptvillec.uoguelph.ca)

#### **Campus de Ridgetown**

Ridgetown (Ontario) N0P 2C0  
Tél. : 519 674-1500  
[www.ridgetownc.on.ca](http://www.ridgetownc.on.ca)

#### **Département de Phytotechnie**

[www.plant.uoguelph.ca](http://www.plant.uoguelph.ca)

#### **Département de Phytotechnie, Guelph**

50, ch. Stone Ouest  
Guelph (Ontario) N1G 2W1  
Tél. : 519 824-4120, p. 56083  
Télec. : 519 763-8933

#### **Département de Phytotechnie, Simcoe**

1283, ch. Blueline, C.P. 587  
Simcoe (Ontario) N3Y 4N5  
Tél. : 519 426-7127  
Télec. : 519 426-1225



**Département de Phytotechnie, Vineland**

4890, av. Victoria N., C.P. 7000  
Vineland Station (Ontario)  
L0R 2E0  
Tél. : 905 562-4141  
Télec. : 905 562-3413

**Division des services de laboratoire**

[www.uoguelph.ca/labserv](http://www.uoguelph.ca/labserv)  
95, ch. Stone Ouest, C.P. 3650  
Guelph (Ontario) N1H 8J7  
Tél. : 519 767-6299  
Télec. : 519 767-6240

**Contaminants organiques et  
pesticides à l'état de trace**

Tél. : 519 767-6485  
Télec. : 519 767-6240

**Clinique de diagnostic phytosanitaire**

Tél. : 519 767-6256  
Télec. : 519 767-6240

**CENTRE DE RECHERCHE ET  
D'INNOVATION DE VINELAND**

4890, av. Victoria Nord  
Vineland Station (Ontario)  
L0R 2E0  
Tél. : 905 562-0320  
Télec. : 905 562-0084  
[www.vinelandontario.ca](http://www.vinelandontario.ca)

**Annexe D. Laboratoires d'analyse de sol en Ontario**

Appeler le laboratoire pour connaître les analyses offertes aux serriculteurs.

Nom du laboratoire	Adresse	Coordonnées	Personnes-ressources
A & L Canada Laboratories Inc.	2136, ch. Jetstream London (Ontario) N5V 3P5	Tél. : 519 457-2575 Téléc. : 519 457-2664 aginfo@alcanada.com	Greg Patterson Ian McLachlin
Accutest Laboratories, société du groupe Bodycote Testing	146, ch. Colonnade, bur. 8 Ottawa (Ontario) K2E 7Y1	Tél. : 613 727-5692, p. 317 Téléc. : 613 727-5222 lorna.wilson@bodycote.com	Lorna Wilson
Agri-Food Laboratories	503, ch. Imperial, bur. 1 Guelph (Ontario) N1H 6T9	Tél. : 519 837-1600 1 800 265-7175 Téléc. : 519 837-1242 lab@agtest.com	Trish Kelly Jack Legg
FoReST Laboratory	955, ch. Oliver, BB1005D Thunder Bay (Ontario) P7B 5E1	Tél. : 807 343-8639 Téléc. : 807 343-8116 soilslab@lakeheadu.ca	Claire Riddell Joel Symonds
Stratford Agri-Analysis	1131, rue Erie C.P. 760 Stratford (Ontario) N5A 6W1	Tél. : 519 273-4411 1 800 323-9089 Téléc. : 519 273-4411 info@stratfordagri.ca	Keith Lemp Mark Aikman
Université de Guelph, Services de laboratoire	Université de Guelph 95, ch. Stone O. C.P. 3650 Guelph (Ontario) N1H 8J7	Tél. : 519 767-6226 Téléc. : 519 767-6240 info@lsd.uoguelph.ca	Nick Schrier

## Annexe E. Coordonnées des bureaux régionaux du ministère de l'Environnement de l'Ontario

Région/Comté	Adresse	Téléphone/Télécopieur
<b>Région du centre</b> Toronto, Halton, Peel, York, Durham, Muskoka, Simcoe	5775, rue Yonge, 8 <sup>e</sup> étage Toronto (Ontario) M2M 4J1	Tél. : 416 326-6700 Sans frais : 1 800 810-8048 Téléc. : 416 325-6345
<b>Région du centre-ouest</b> Haldimand, Norfolk, Niagara, Hamilton-Wentworth, Dufferin, Wellington, Waterloo, Brant	Éd. du gouvernement de l'Ontario 119, rue King O., 12 <sup>e</sup> étage Hamilton (Ontario) L8P 4Y7	Tél. : 905 521-7640 Sans frais : 1 800 668-4557 Téléc. : 905 521-7820
<b>Région de l'est</b> Frontenac, Hastings, Lennox et Addington, Prince Edward, Leeds et Grenville, Prescott et Russell, Stormont/Dundas et Glengarry, Haliburton, Peterborough, Kawartha Lakes, Northumberland, Renfrew, Ottawa, Lanark, District de Nipissing (canton d'Algonquin Sud)	1259, ch. Gardiners, unité 3 C.P. 22032 Kingston (Ontario) K7M 8S5	Tél. : 613 549-4000 Sans frais : 1 800 267-0974 Téléc. : 613 548-6908
<b>Région du sud-ouest</b> Elgin, Middlesex, Oxford, Essex, Kent, Lambton, Bruce, Grey, Huron, Perth	733, ch. Exeter London (Ontario) N6E 1L3	Tél. : 519 873-5000 Sans frais : 1 800 265-7672 Téléc. : 519 873-5020
<b>Région du nord (nord-est)</b> Manitoulin, Nipissing, Parry Sound, Sudbury, Algoma Est, Timiskaming, Sault Ste. Marie	199, rue Larch, bur. 1201 Sudbury (Ontario) P3E 5P9	Tél. : 705 564-3237 Sans frais : 1 800 890-8516 Téléc. : 705 564-4180
<b>Région du nord (nord-ouest)</b> Algoma Ouest, Cochrane, Kenora, Rainy River, Timmins, Thunder Bay	435, rue James Sud, bur. 331 Thunder Bay (Ontario) P7E 6S7	Tél. : 807 475-1205 Sans frais : 1 800 875-7772 Téléc. : 807 475-1745
<b>Direction de l'élaboration des normes</b>	Section des pesticides 40, av. St. Clair O., 7 <sup>e</sup> étage Toronto (Ontario) M4V 1L5	Tél. : 416 327-5519 Téléc. : 416 327-2936
<b>Direction des autorisations</b>	Autorisation des pesticides 2, av. St. Clair O., étage 12A Toronto (Ontario) M4V 1L5	Tél. : 416 314-8001 Sans frais : 1 800 461-6290 Téléc. : 416 314-8452

## Annexe F. Système international d'unités (SI)

### Unités du SI

<b>Unité de longueur</b>		
10 millimètres (mm)	=	1 centimètre (cm)
100 centimètres (cm)	=	1 mètre (m)
1 000 mètres (m)	=	1 kilomètre (km)

<b>Unités de surface</b>		
100 m x 100 m =	=	1 hectare (ha)
10 000 mètres carrés (m <sup>2</sup> )		
100 hectares (ha)	=	1 kilomètre carré (km <sup>2</sup> )

<b>Unités de volume</b>		
<b>Solides</b>		
1 000 millimètres cubes (mm <sup>3</sup> )	=	1 centimètre cube (cm <sup>3</sup> )
1 000 000 centimètres cubes (cm <sup>3</sup> )	=	1 mètre cube (m <sup>3</sup> )

<b>Liquides</b>		
1 000 millilitres (mL)	=	1 litre (L)
100 litres (L)	=	1 hectolitre (hL)

<b>Équivalences poids-volume (pour l'eau)</b>		
1 gramme (g) =	=	1 millilitre (mL) =
0,001 kilogramme (kg)		0,001 litre (L)
10 grammes (g) =	=	10 millilitres (mL) =
0,01 kilogramme (kg)		0,01 litre (L)
100 grammes (g) =	=	100 millilitres (mL) =
0,10 kilogramme (kg)		0,10 litre (L)
500 grammes (g) =	=	500 millilitres (mL) =
0,50 kilogramme (kg)		0,50 litre (L)
1000 grammes (g) =	=	1000 millilitres (mL) =
1,00 kilogramme (kg)		1,00 litre (L)

<b>Unités de poids</b>		
1 000 milligrammes (mg)	=	1 gramme (g)
1 000 grammes (g)	=	1 kilogramme (kg)
1 000 kilogrammes (kg)	=	1 tonne métrique (t)
1 milligramme/kilogramme (mg/kg)	=	1 partie par million (ppm)

<b>Équivalences solides-liquides</b>		
1 centimètre cube (cm <sup>3</sup> )	=	1 millilitre (mL)
1 mètre cube (m <sup>3</sup> )	=	1 000 litres (L)

### Conversions métriques

5 millilitres (mL)	=	1 cuil. à thé
15 millilitres (mL)	=	1 cuil. à soupe
28,5 millilitres (mL)	=	1 once liquide

### Conversions des taux d'application

#### Du SI au système anglais (approximations)

millilitres à l'hectare (mL/ha) x 0,015	=	onces liquides à l'acre
litres à l'hectare (L/ha) x 0,71	=	chopines à l'acre
litres à l'hectare (L/ha) x 0,36	=	pintes à l'acre
litres à l'hectare (L/ha) x 0,09	=	gallons à l'acre
grammes à l'hectare (g/ha) x 0,015	=	onces à l'acre
kilogrammes à l'hectare (kg/ha) x 0,89	=	livres à l'acre
tonnes à l'hectare (t/ha) x 0,45	=	tonnes imp. à l'acre

#### Du système anglais au SI (approximations)

onces liquides à l'acre x 70	=	millilitres à l'hectare (mL/ha)
chopines à l'acre x 1,4	=	litres à l'hectare (L/ha)
pintes à l'acre x 2,8	=	litres à l'hectare (L/ha)
gallons à l'acre x 11,23	=	litres à l'hectare (L/ha)
onces à l'acre x 70	=	grammes à l'hectare (g/ha)
livres à l'acre x 1,12	=	kilogrammes à l'hectare (kg/ha)
tonnes imp. à l'acre x 2,24	=	tonnes à l'hectare (t/ha)

#### Équivalences liquides (approximations)

litres/hectare		gallons/acre
50	=	5
100	=	10
150	=	15
200	=	20
250	=	25
300	=	30

**Équivalences de poids**

<i>grammes/hectare</i>		<i>onces/acre</i>
100	=	1 ½
200	=	3
300	=	4 ¼
500	=	7
700	=	10
<i>kilogrammes/hectare</i>		<i>livres/acre</i>
1,10	=	1
1,50	=	1 ¼
2,00	=	1 ¾
2,50	=	2 ¼
3,25	=	3
4,00	=	3 ½
5,00	=	4 ½
6,00	=	5 ¼
7,50	=	6 ¾
9,00	=	8
11,00	=	10
13,00	=	11 ½
15,00	=	13 ½

**Facteur de conversion utile**

litre/hectare x 0,4 = litre/acre

kilogramme/hectare x 0,4 = kilogramme/acre

**Tables de conversion — Du SI au système anglais****Longueur**

1 millimètre (mm)	=	0,04 pouce
1 centimètre (cm)	=	0,40 pouce
1 mètre (m)	=	39,40 pouces
1 mètre (m)	=	3,28 pieds
1 mètre (m)	=	1,09 verge
1 kilomètre (km)	=	0,62 mille

**Surface**

1 centimètre carré (cm²)	=	0,16 pouce carré
1 mètre carré (m²)	=	10,77 pieds carrés
1 mètre carré (m²)	=	1,20 verge carrée
1 kilomètre carré (km²)	=	0,39 mille carré
1 hectare (ha)	=	107 636 pieds carrés
1 hectare (ha)	=	2,5 acres

**Volume (solides)**

1 centimètre cube (cm³)	=	0,061 pouce cube
1 mètre cube (m³)	=	35,31 pieds cubes
1 mètre cube (m³)	=	1,31 verge cube
1 000 mètres cubes (m³)	=	0,81 acre-pied
1 hectolitre (hL)	=	2,8 boisseaux

**Volume (liquides)**

1 millilitre (mL)	=	0,035 once liquide
1 litre (L)	=	1,76 chopine
1 litre (L)	=	0,88 pinte
1 litre (L)	=	0,22 gallon imp.
1 litre (L)	=	0,26 gallon U.S.

**Poids**

1 gramme (g)	=	0,035 once
1 kilogramme (kg)	=	2,21 livres
1 tonne (t)	=	2 205 livres
1 tonne (t)	=	1,10 tonne imp.

**Pression**

1 kilopascal (kPa)	=	0,15 livre au pouce carré (lb/po²)
--------------------	---	------------------------------------

**Vitesse**

1 mètre à la seconde (m/s)	=	3,28 pieds à la seconde
1 mètre à la seconde (m/s)	=	2,24 milles à l'heure
1 kilomètre à l'heure (km/h)	=	0,62 mille à l'heure

**Température**

°F	=	(°C x 9/5) + 32
----	---	-----------------



## Tables de conversion — Du système anglais au SI

<b>Longueur</b>		
1 pouce	=	2,54 centimètres (cm)
1 pied	=	0,30 mètre (m)
1 verge	=	0,91 mètre (m)
1 mille	=	1,61 kilomètre (km)
<b>Surface</b>		
1 pied carré	=	0,09 mètre carré (m <sup>2</sup> )
1 verge carrée	=	0,84 mètre carré (m <sup>2</sup> )
1 acre	=	0,40 hectare (ha)
<b>Volume (solides)</b>		
1 verge cube	=	0,76 mètre cube (m <sup>3</sup> )
1 boisseau	=	36,37 litres (L)
<b>Volume (liquides)</b>		
1 once liquide (imp.)	=	28,41 millilitres (mL)
1 chopine (imp.)	=	0,57 litre (L)
1 gallon (imp.)	=	4,55 litres (L)
1 gallon (U.S.)	=	3,79 litres (L)
<b>Poids</b>		
1 once	=	28,35 grammes (g)
1 livre	=	453,6 grammes (g)
1 tonne imp.	=	0,91 tonne métrique (t)
<b>Pression</b>		
1 livre au pouce carré (lb/po <sup>2</sup> )	=	6,90 kilopascals (kPa)
<b>Température</b>		
°C	=	(°F - 32) × 5/9

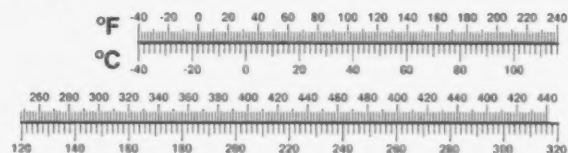
## Abréviations

%	= pourcent (en poids)	L	= litre
cm	= centimètre	m	= mètre
cm <sup>2</sup>	= centimètre carré	m/s	= mètre à la seconde
g	= gramme	m <sup>2</sup>	= mètre carré
ha	= hectare	mL	= millimètre
kg	= kilogramme	mm	= millimètre
km	= kilomètre	p. ex.	= par exemple
km/h	= kilomètre à l'heure	t	= tonne
kPa	= kilopascal		

## Calcul des parties par million (ppm)

1 ppm	=	1 g de matière active par 1000 L d'eau
-------	---	--

## Température



Pour les valeurs exactes, se reporter aux formules données dans les tables de conversion ci-dessus.

## Planches couleur



**Planche 1.** Plant de tomate équilibré.



**Planche 2.** Plant de tomate présentant une croissance végétative trop marquée.



**Planche 3.** Passage de tuyaux au niveau des fruits à maturité.



**Planche 4.** Gouttière haute et profil du faite d'une serre moderne.



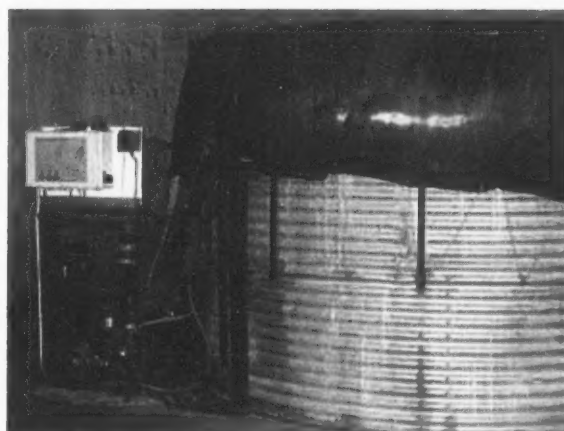
**Planche 5.** Gouttière basse et toit arrondi d'une serre de vieille génération.



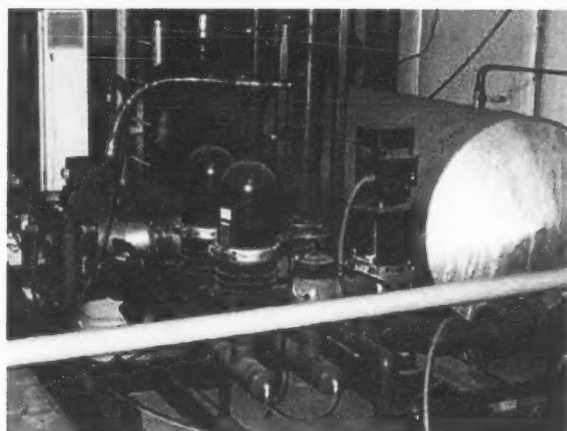
**Planche 6.** Réservoir de solution nutritive hors-terre.



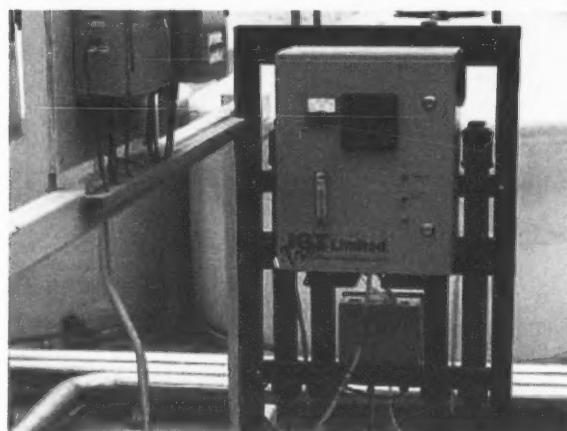
**Planche 7.** Réservoir de solution nutritive sous-terre.



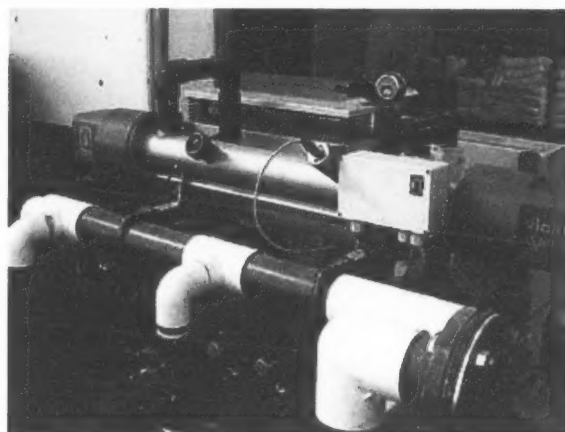
**Planche 8.** Système de filtration sur pierre de lave.



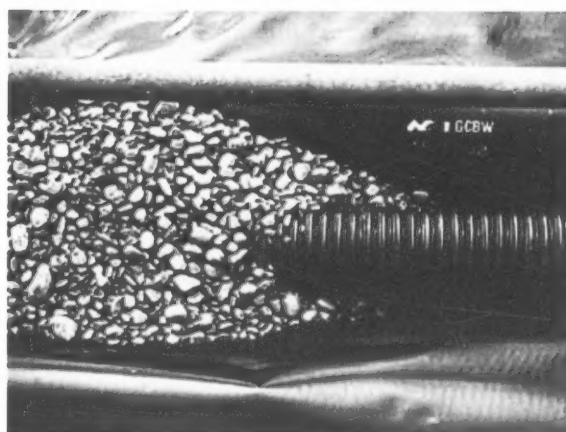
**Planche 9.** Système de traitement thermique.



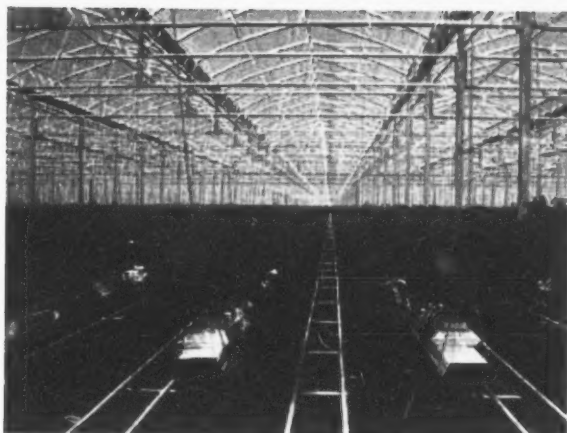
**Planche 10.** Système d'ozonation.



**Planche 11.** Traitement aux rayons UV.



**Planche 12.** Installation de base d'un système de culture sur laine de roche.



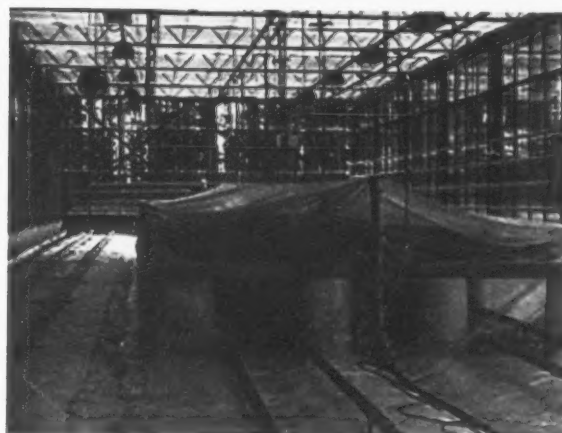
**Planche 13.** Système de rigoles surélevées.



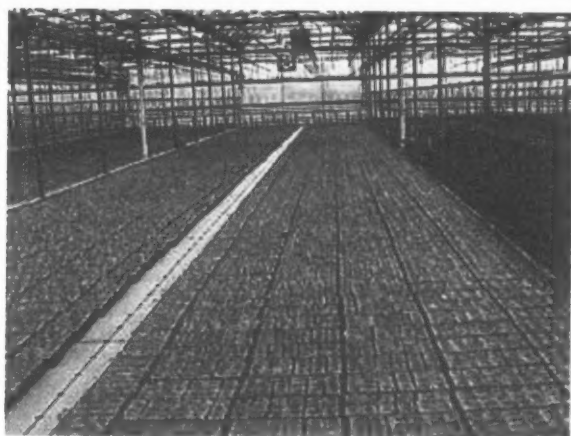
**Planche 14.** Matelas de laine de roche prêts pour la stérilisation à la vapeur.



**Planche 15.** Stérilisation à la vapeur des matelas de laine de roche.



**Planche 16.** Installation pour la germination des semences.



**Planche 17.** Production des plants.

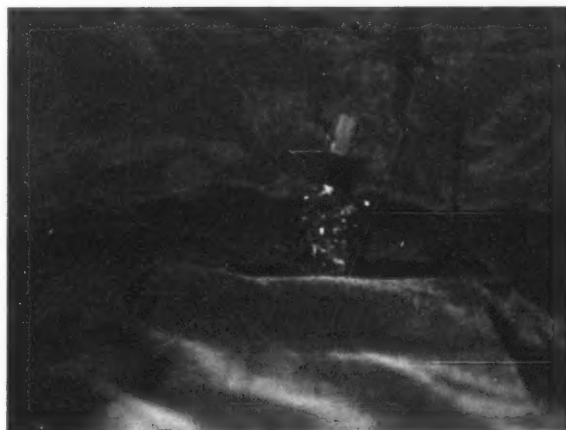


**Planche 18.** Porte-greffe prêt pour le greffage.





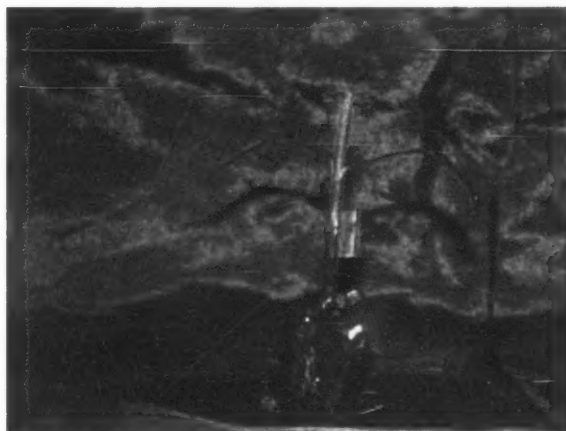
**Planche 19.** Porte-greffe coupé sous les cotylédons.



**Planche 20.** Pince glissée sur le porte-greffe.



**Planche 21.** Greffon inséré dans la pince.



**Planche 22.** Greffage terminé une fois le greffon étêté au-dessus des cotylédons.



**Planche 23.** Plant avec deux tiges obtenu par greffage et prêt à être repiqué.



**Planche 24.** Développement des fleurs — pédoncule légèrement trop long.

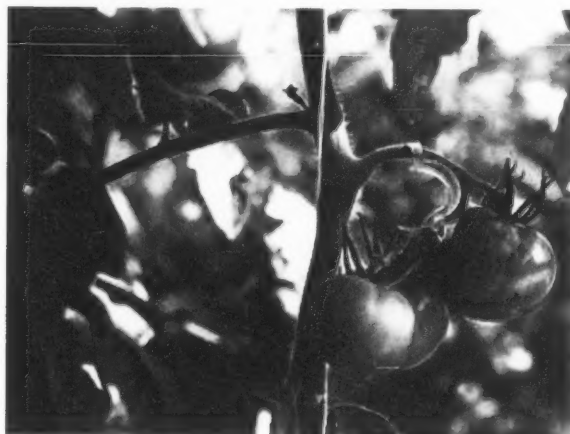




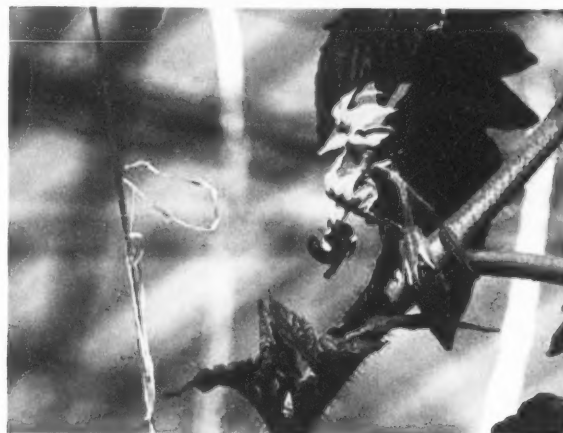
**Planche 25.** Grappe fendue à cause de faibles températures nocturnes au début de la formation du bouton.



**Planche 26.** Grappe trop longue causant la déformation du pédoncule.



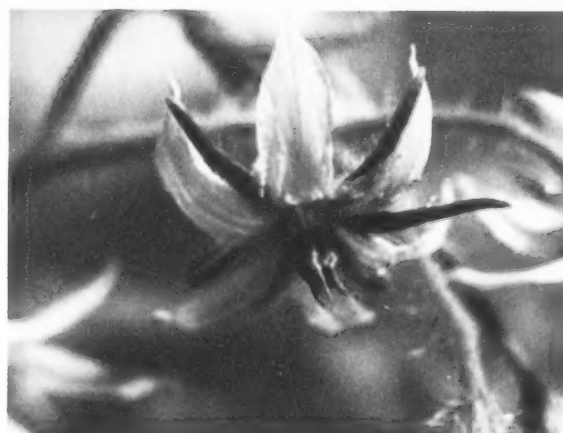
**Planche 27.** Grappe supportée pour empêcher la déformation du pédoncule.



**Planche 28.** Bourdon visitant une fleur de tomate.



**Planche 29.** Traces laissées par un bourdon sur une fleur de tomate, signe d'une bonne pollinisation.



**Planche 30.** Fleur de tomate endommagée par un nombre excessif de visites par les bourdons.



**Planche 31.** Plant de concombre prêt à être transplanté.



**Planche 32.** Première ramification et première fleur (fleur centrale) d'un jeune plant de poivron.



**Planche 33.** Insolation.



**Planche 34.** Symptômes d'insolation à la surface de poivrons surexposés au soleil à cause d'un feuillage insuffisant.



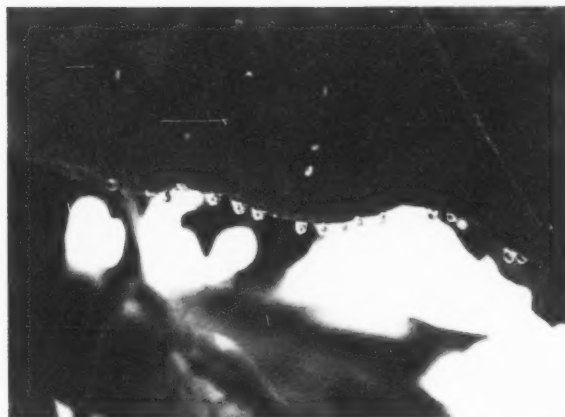
**Planche 35.** Pied d'éléphant consécutif aux dommages causés par l'accumulation de sels à la base du plant.



**Planche 36.** Aubergine à tiges multiples destinées à maintenir l'équilibre du plant et à en maîtriser la hauteur.



**Planche 37.** Fleur d'aubergine forte favorisant une fructification rapide.



**Planche 38.** Condensation consécutive à une forte humidité dans la serre et propice au chancre gommeux, à la pourriture grise et à la pourriture glauque.



**Planche 39.** Fonte des semis.



**Planche 40.** Fusariose des racines et du collet.



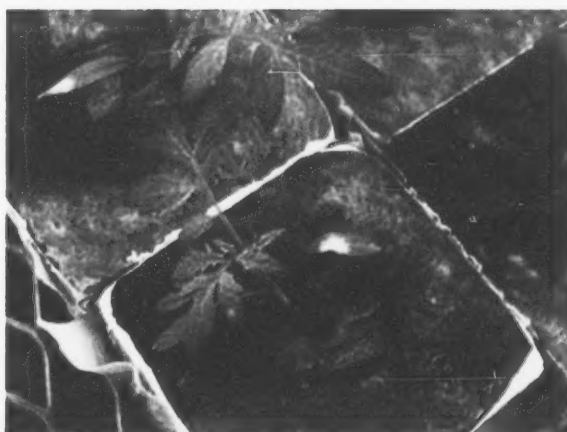
**Planche 41.** Pourriture grise.



**Planche 42.** Taches fantômes.



**Planche 43.** Oïdium (blanc) sur une feuille de tomate.



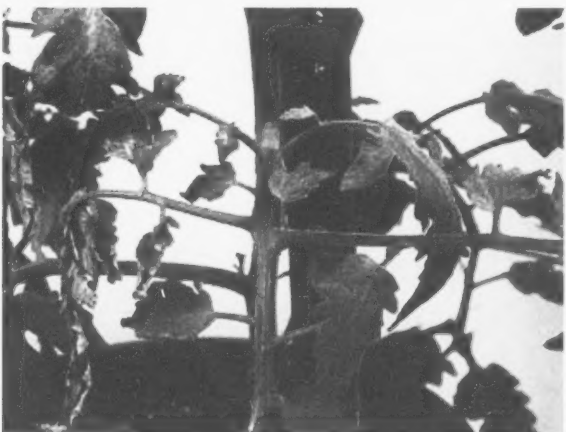
**Planche 44.** Plantules de tomate atteintes par l'oïdium (blanc).



**Planche 45.** Lésions s'apparentant à du papier sur des plants de tomate atteints de mildiou.



**Planche 46.** Taches « de graisse » sombres attribuables au mildiou sur une tomate.



**Planche 47.** Chancre bactérien — un seul côté flétri.



**Planche 48.** Chancre bactérien — marbrure du fruit.





**Planche 49.** Pourriture bactérienne de la tige.



**Planche 50.** Symptômes foliaires du virus de la mosaïque du pépinot chez les tomates.



**Planche 51.** Symptômes foliaires du virus de la mosaïque du pépinot chez les tomates.



**Planche 52.** Symptômes foliaires du virus de la mosaïque du pépinot chez les tomates.



**Planche 53.** Symptômes foliaires du virus de la maladie bronzée de la tomate chez les tomates.

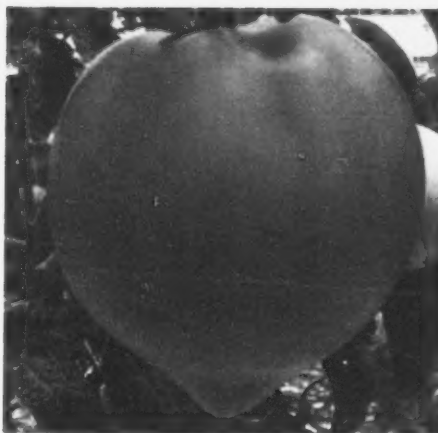


**Planche 54.** Nécrose apicale.





**Planche 55.** Maturation inégale due à une carence en potassium.



**Planche 56.** Fruit oblong chez la tomate.



**Planche 57.** Carence en magnésium.



**Planche 58.** Stress climatique nuisant au déplacement du calcium et du potassium vers le pourtour des feuilles.



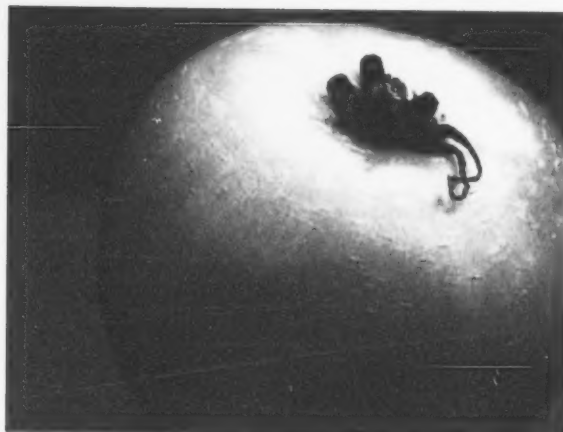
**Planche 59.** Carence en fer.



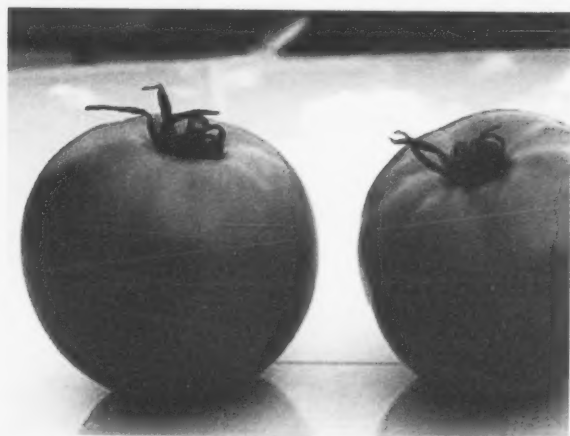
**Planche 60.** Carence en fer attribuable à un milieu racinaire déficient dû à un arrosage trop abondant.



**Planche 61.** Carence en bore.



**Planche 62.** Fendillement.



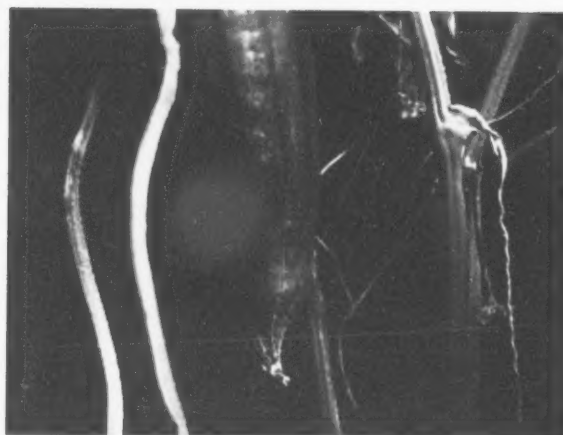
**Planche 63.** Épaule verte.



**Planche 64.** Pourriture grise.



**Planche 65.** Tige atteinte de chancre gommeux.



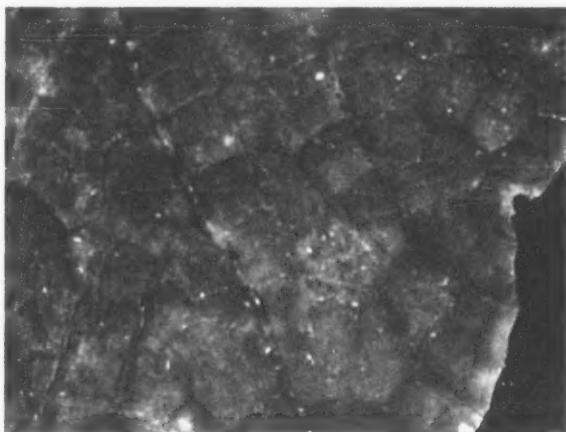
**Planche 66.** Fruit atteint de chancre gommeux.



**Planche 67.** Pourriture glauque.



**Planche 68.** Taches foliaires.



**Planche 69.** Oïdium (blanc).



**Planche 70.** Mildiou chez le concombre.



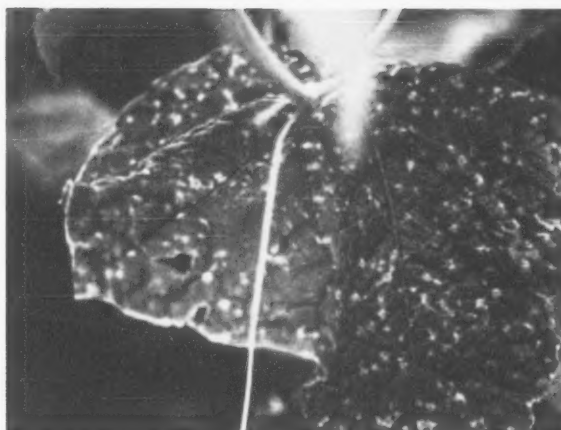
**Planche 71.** Pourriture fusarienne des racines et des tiges de concombre.



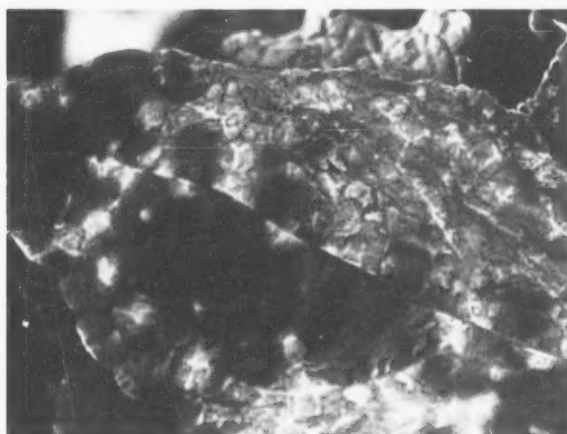
**Planche 72.** Mosaïque du concombre sur la feuille.



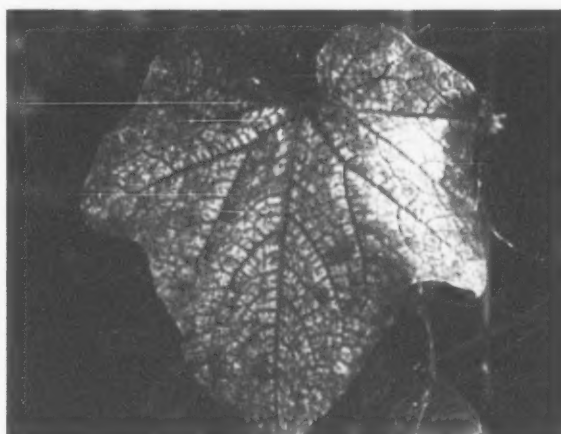
**Planche 73.** Mosaïque du concombre sur le fruit.



**Planche 74.** Premiers symptômes du virus de la nécrose du concombre chez le concombre.



**Planche 75.** Symptômes tardifs du virus de la nécrose du concombre chez le concombre.



**Planche 76.** Symptômes du virus de la pseudo-jauisse de la betterave.



**Planche 77.** Perte du point végétatif attribuable à une carence en calcium occasionnée par un trop faible apport de calcium et une croissance rapide des jeunes pousses de concombre.



**Planche 78.** Jeune feuille de concombre souffrant d'une carence en fer attribuable à une croissance rapide et à une forte charge fruitière.





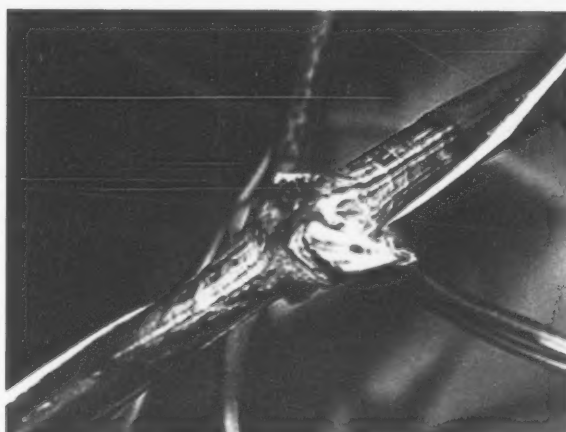
**Planche 79.** Carence en fer.



**Planche 80.** Pourriture causée par *Botrytis*.



**Planche 81.** Poivron atteint de pourriture grise.



**Planche 82.** Symptômes sur la tige de la pourriture fusarienne de la tige et du fruit.



**Planche 83.** Symptômes sur le fruit de la pourriture fusarienne de la tige et du fruit.

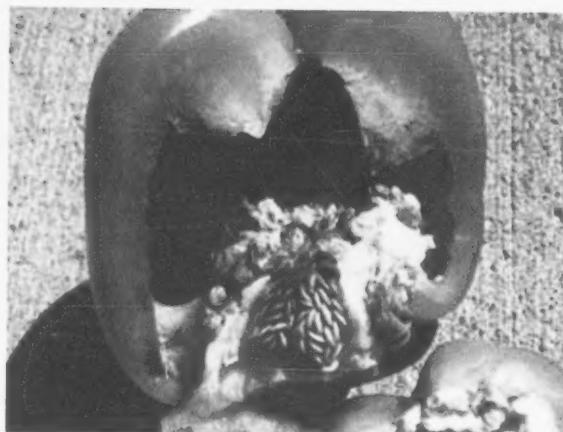


**Planche 84.** Oïdium (blanc).





**Planche 85.** Pourriture molle d'origine bactérienne chez le poivron.



**Planche 86.** Pourriture interne des fruits chez le poivron.



**Planche 87.** Virus de la marbrure bénigne du piment.



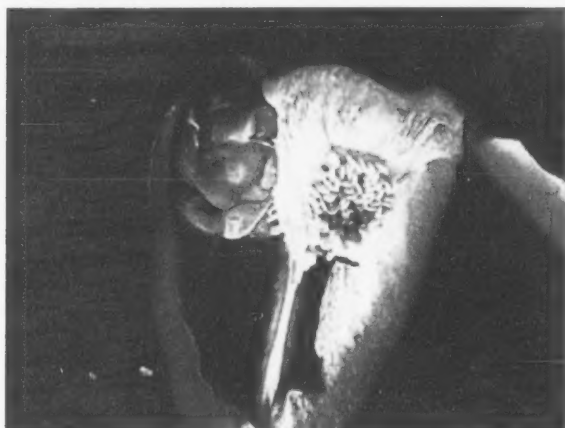
**Planche 88.** Symptômes foliaires du virus de la maladie bronzée de la tomate chez le poivron.



**Planche 89.** Nécrose apicale.



**Planche 90.** Fendillement attribuable à la croissance interne du fruit.



**Planche 91.** Fendillement attribuable à la croissance interne du fruit (coupe longitudinale).



**Planche 92.** Argenture sur un poivron.



**Planche 93.** Carence en manganèse.



**Planche 94.** Carence en bore.



**Planche 95.** Aubergine atteinte de pourriture grise.



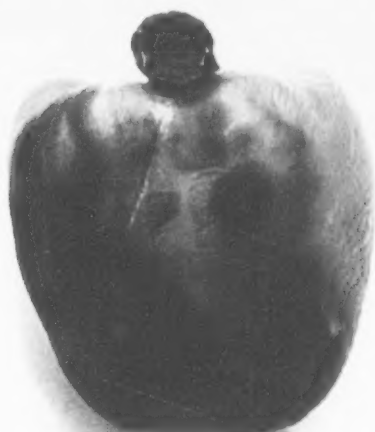
**Planche 96.** Anneau de sépales autour de l'aubergine donnant un fruit impossible à commercialiser.



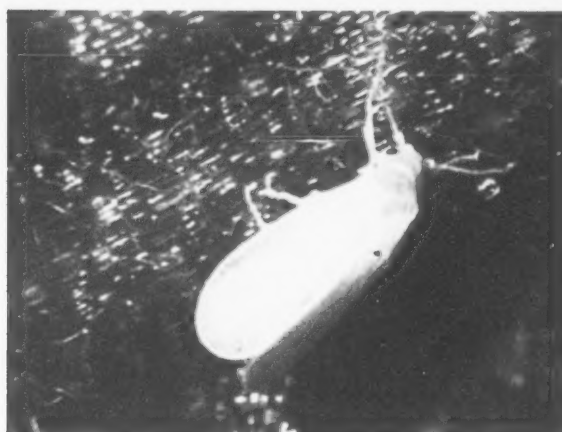
**Planche 97.** Thrips des petits fruits (en bas à gauche) et *Echinothrips* (en haut à droite).



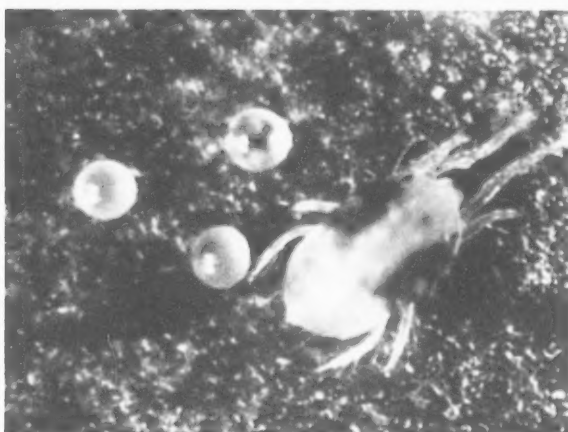
**Planche 98.** Fruit endommagé par l'activité de ponte des thrips.



**Planche 99.** Virus de la maladie bronzée de la tomate.



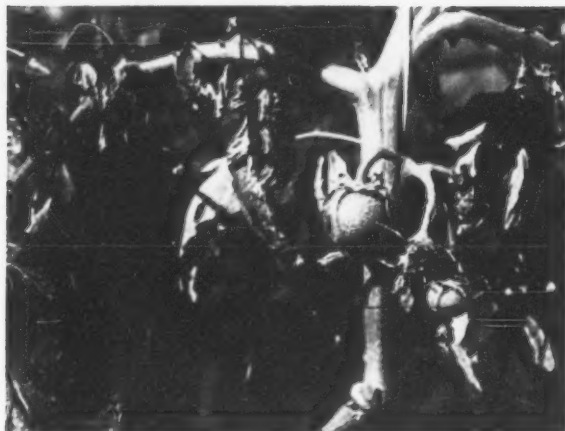
**Planche 100.** Aleurodes.



**Planche 101.** Tétranyque à deux points et œufs.



**Planche 102.** Plants de concombres endommagés par le tétranyque à deux points.



**Planche 103.** Agent de l'acariose bronzée de la tomate sur une tige.



**Planche 104.** Dommages causés par l'alimentation du tarsonème du fraisier chez le poivron.



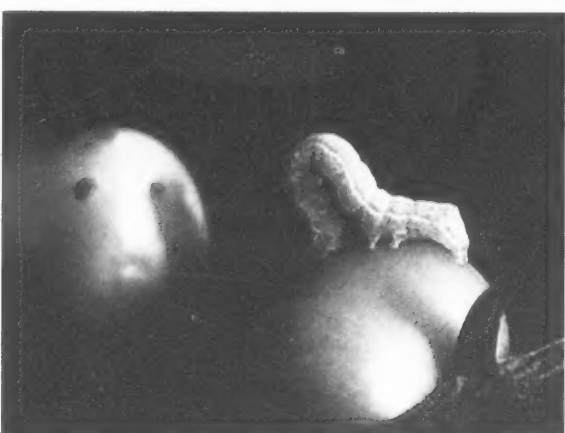
**Planche 105.** Dommages causés par l'alimentation du tarsonème trapu chez le concombre.



**Planche 106.** Pucerons verts du pêcher.



**Planche 107.** Plant de concombre atteint de fumagine à la suite d'une infestation de pucerons.



**Planche 108.** Fausse-arpenteuse du chou.

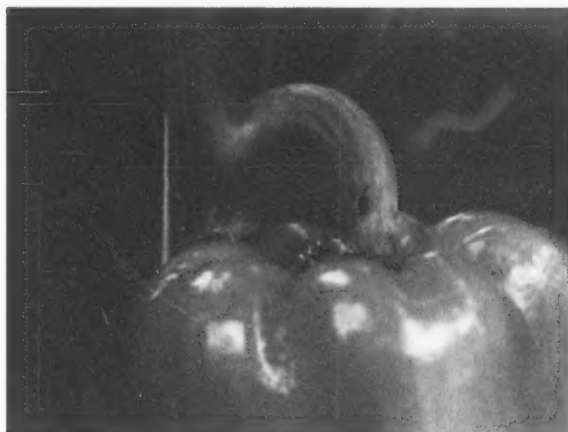




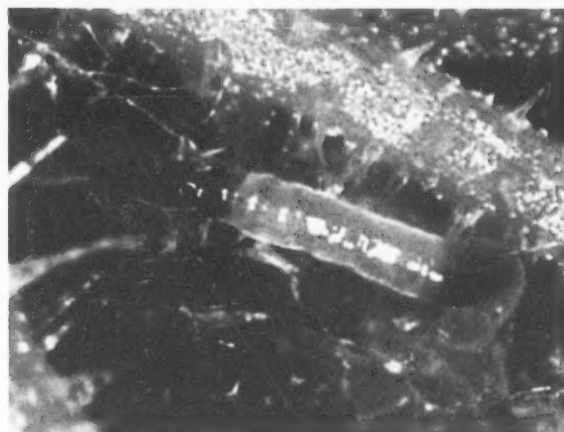
**Planche 109.** Punaise terne.



**Planche 110.** Pyrale du maïs.



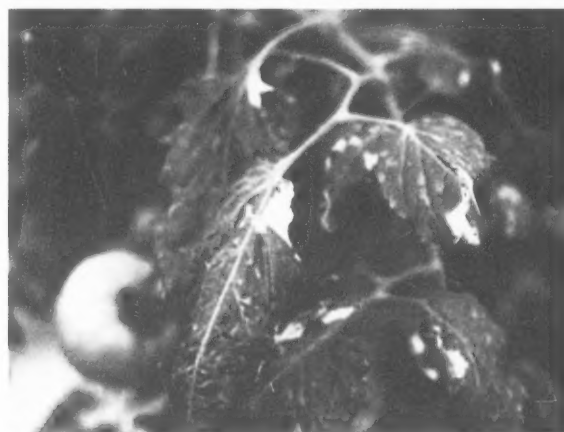
**Planche 111.** Dommages causés par la pyrale du maïs sur un poivron.



**Planche 112.** Mouche des terreaux.



**Planche 113.** Staphylin adulte.

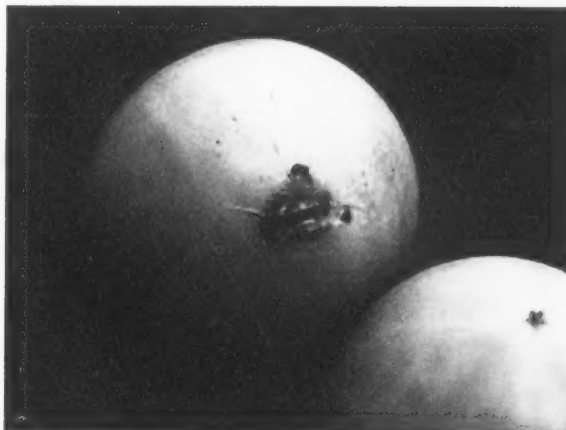


**Planche 114.** Dommages aux feuilles causés par la mineuse de la tomate.





**Planche 115.** Gros plan de larves de mineuses de la tomate.



**Planche 116.** Dommages au fruit causés par la mineuse de la tomate.

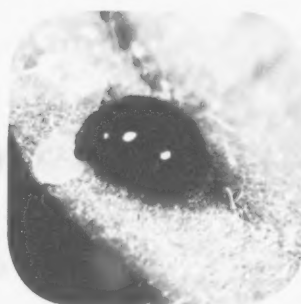
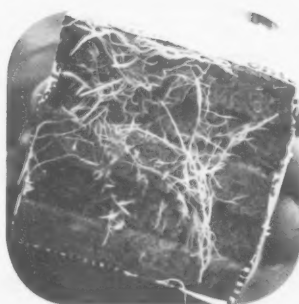


**Planche 117.** Stades nymphaux du psylle de la pomme de terre.



**Planche 118.** Dommages causés par les mineuses chez la tomate.





[www.ontario.ca/cultures](http://www.ontario.ca/cultures)

